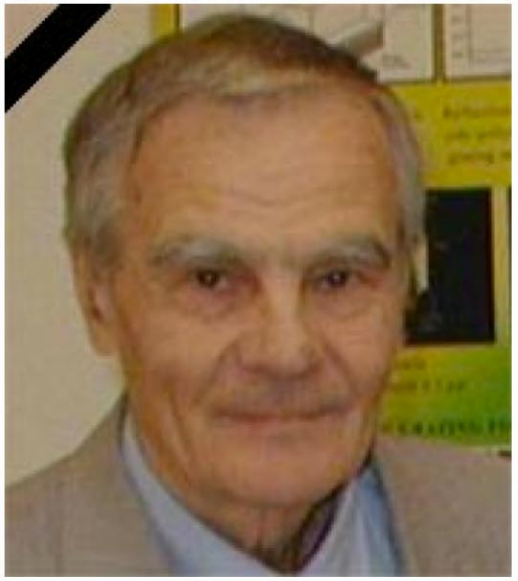
http://www.savoir-sans-frontieres.com

PYRAMIDES :

LE SECRET D'IMOTHEP

2004

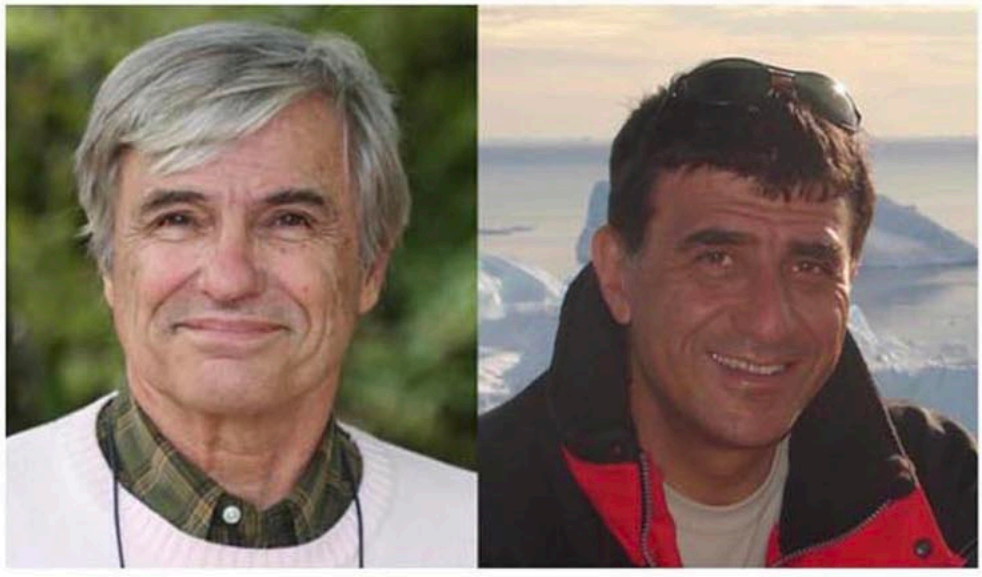
JEAN-PIERRE PETIT



Cet album est dédié à la mémoire de
notre très cher ami Vladimir Golubev
qui aurait été si heureux de voir cet album
Jean-Pierre Petit, président de
Savoir sans Frontières
Nina Esina, traductrice

Savoir sans Frontières

Association à but non lucratif créée en 2005 et gérée par deux scientifiques français. But : diffuser des connaissances scientifiques en utillisant la bande dessinée à travers des pdf gratuitement téléchargeables. En 2020 : 565 traductions en 40 langues avaient ainsi été réalisées. avec plus de 500.000 téléchargements.



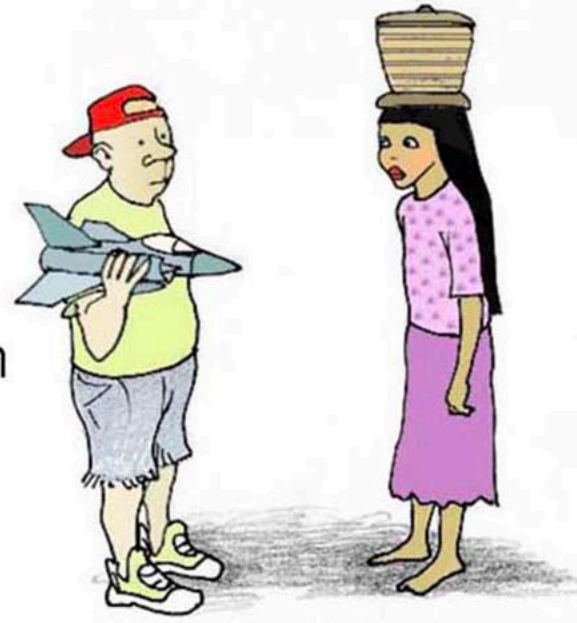
Jean-Pierre Petit **Gilles d'Agostini**

L'association est totalement bénévole. L'argent des dons est intégralement reversé aux traducteurs.

Pour faire un don, utilisez le bouton Paypal sur la page d'accueil du site Internet

http://www.savoir-sans-frontieres.com

PayPal
FAIRE UN DON



Coordonnées bancaires France ➔ Relevé d'Identité Bancaire (RIB) :

Etablissement	Quichet	N° de Compte	Cle RIB
20041	01008	1822226V029	88

Domiciliation : La banque postale
Centre de Marseille
13900 Marseille CEDEX 20
France

For other countries ➔ International Bank Account Number (IBAN) :

IBAN
FR 16 20041 01008 1822226V029 88

and ➔ Bank Identifier Code (BIC) :

BIC
PSSTFRPPMAR

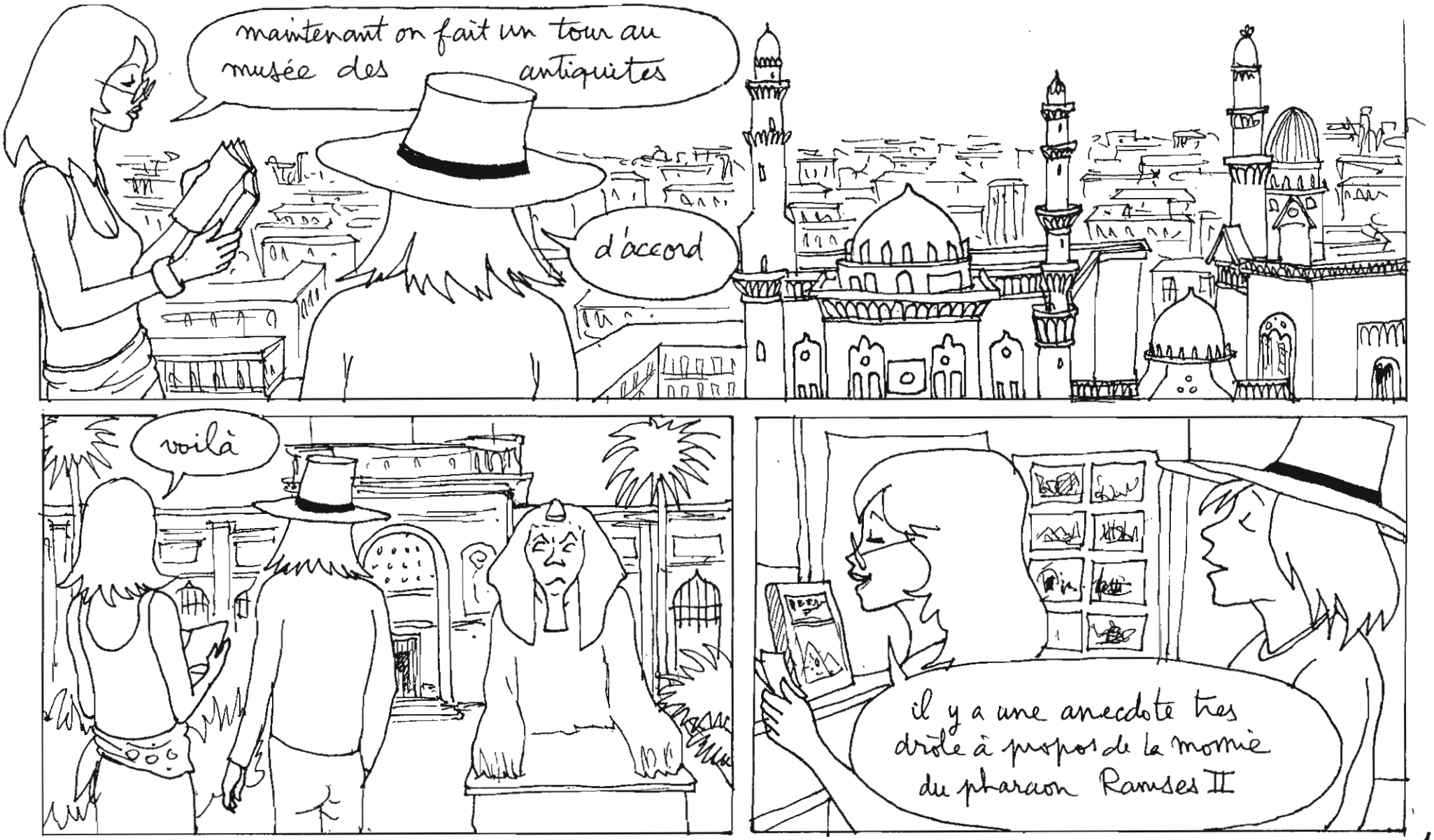
Les statuts de l'association (en français) sont accessibles sur son site. La comptabilité y est accessible en ligne, en temps réel. L'association ne prélève sur ces dons aucune somme, en dehors des frais de transfert bancaire, de manière que les sommes versées aux traducteurs soient nettes.

L'association ne salarie aucun de ses membres, qui sont tous des bénévoles. Ceux-ci assument eux-mêmes les frais de fonctionnement, en particulier de gestion du site, qui ne sont pas supportés par l'association.

Ainsi, vous pourrez être assurés, dans cette sorte « d'œuvre humanitaire culturelle » que quelle que soit la somme que vous donniez, elle sera *intégralement* consacrée à rétribue les traducteurs.

Nous mettons en ligne en moyenne une dizaine de nouvelles traductions par mois.

LE CAIRE


maintenant on fait un tour au musée des antiquités
d'accord
voilà
il y a une anecdote très drôle à propos de la momie du pharaon Ramses II

les tombes des pharaons qui se trouvaient dans la vallée des rois avaient été rapidement profanées et pillées. Les prêtres qui en avaient la garde finirent, une nuit, par récupérer toutes les momies, qu'ils abritèrent dans une grotte surplombant le site de la vallée des rois

et c'est ainsi que fut sauvée la momie de Ramsès II

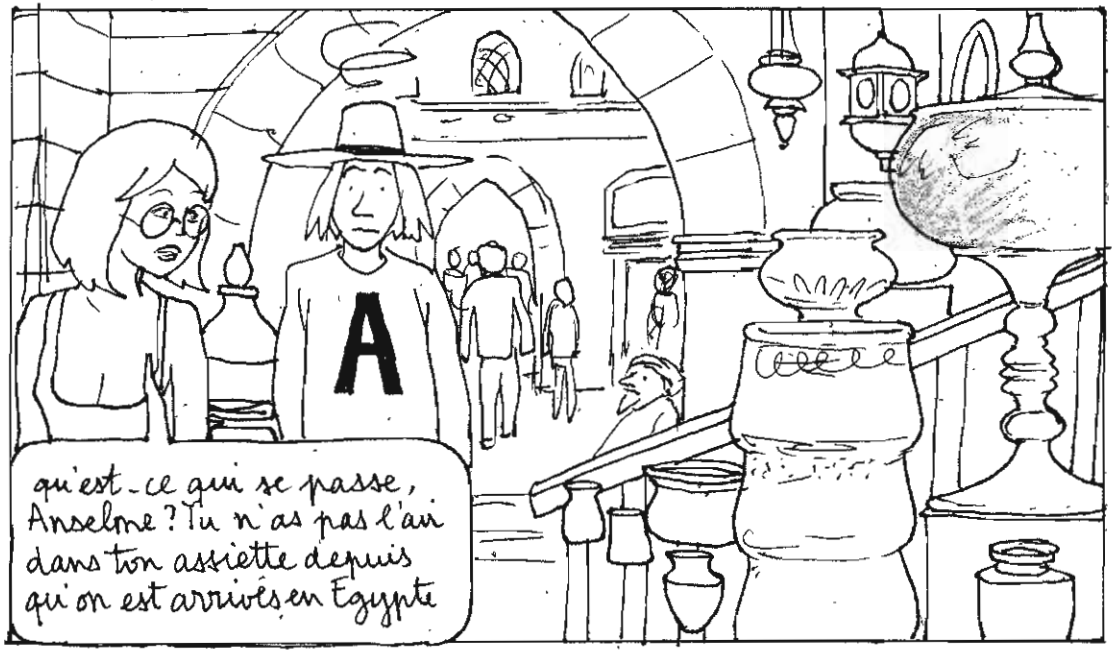
à l'ouverture du musée on disposa la momie de Ramsès à l'entrée, pour attirer les visiteurs. Selon la coutume Ramsès avait ses deux bras croisés, ramenés sur sa poitrine

un jour, Ramsès écarta son bras gauche de dix centimètres avec un craquement sinistre. Terrifié, le gardien s'enfuit et ne voulut plus remettre les pieds dans le musée, qu'il considéra comme un lieu hanté

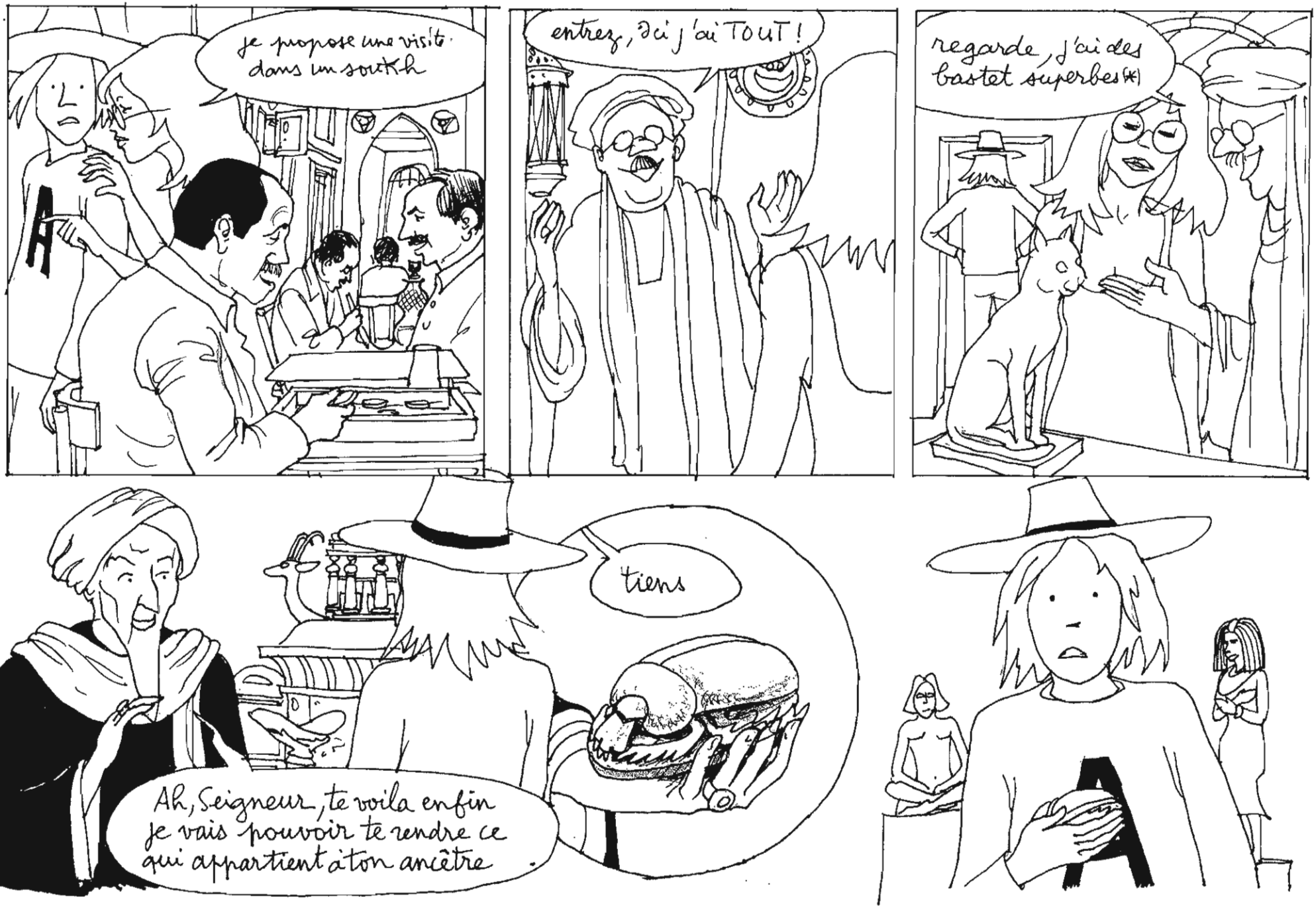
CRAC!

(*) Annexe, page

Datant de 4500 ans voici la statue de Rahotep, demi frère de Kheops, et de son épouse Nefret. dotée d'yeux en pâte de verre, si réalistes que lorsqu'en 1871 les ouvriers la découvrirent dans la nécropole de Meidoum ils s'enfuirent persuadés que la tombe hebergeait des êtres vivants (*)

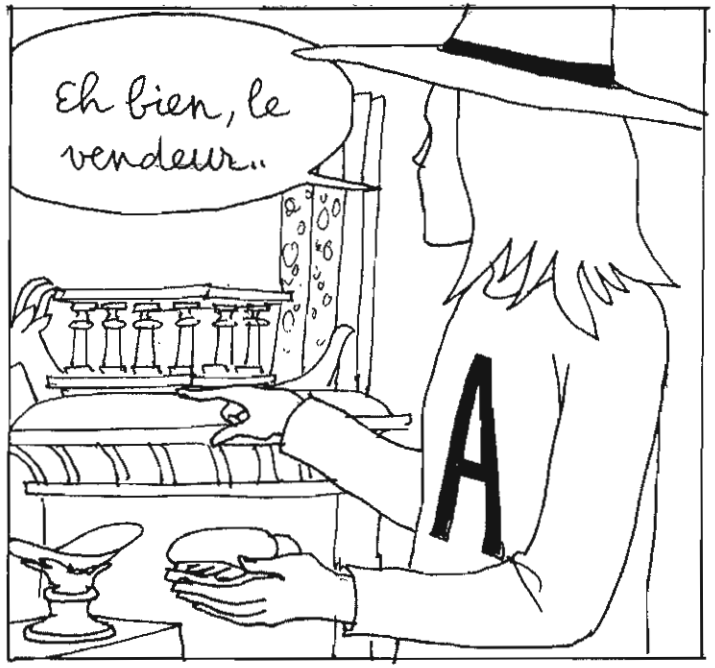


(*) Voir Annexe page


je propose une visite dans un souk
entrez, ici j'ai TOUT !
regarde, j'ai des bastet superbes (*)
tiens
Ah, Seigneur, te voila enfin je vais pouvoir te rendre ce qui appartient à ton ancêtre

Anselme, que penses-tu de cette statue de Bastet ?
tu as trouvé quelque chose ?

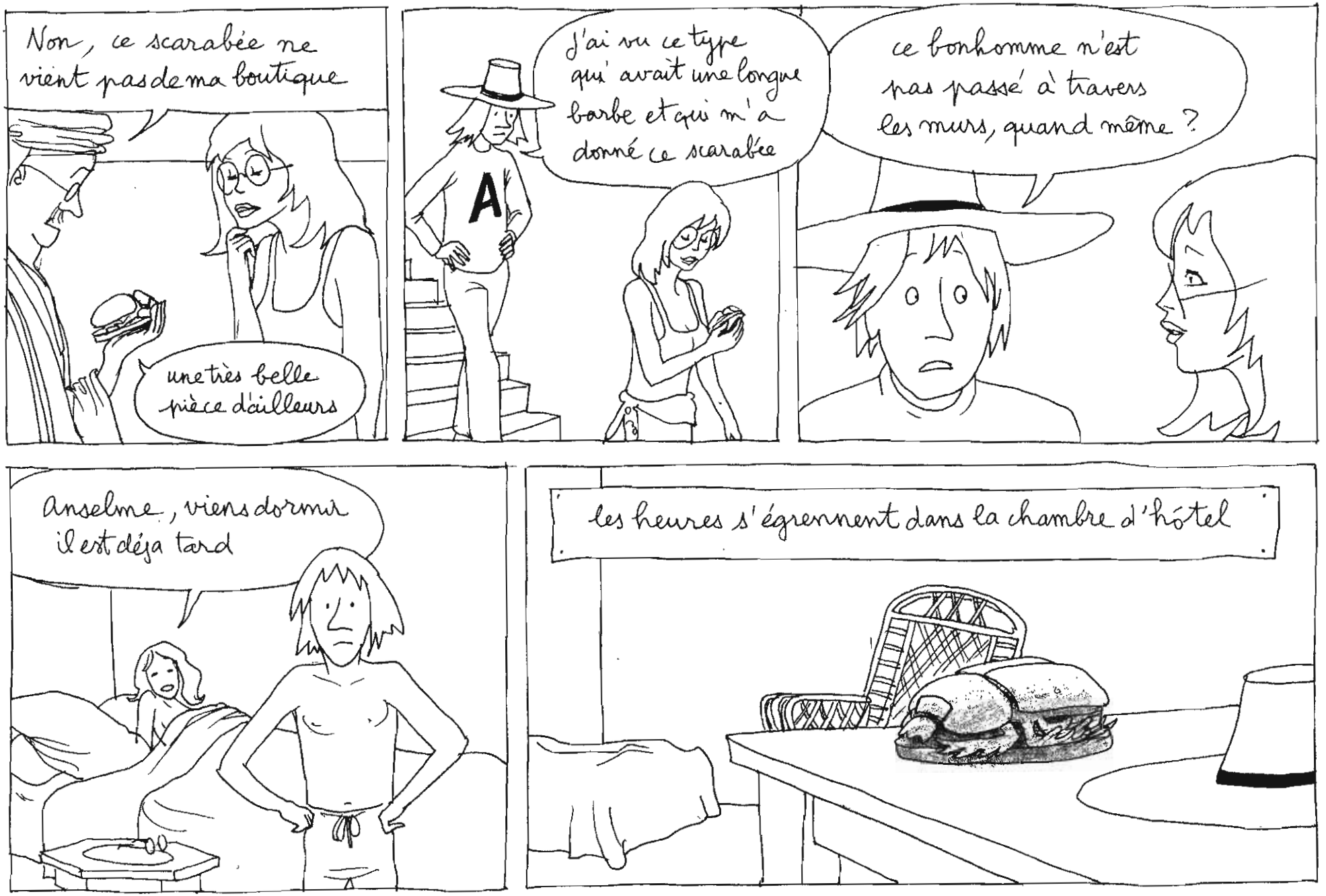
c'est le type, là-bas qui m'a donné ça
c'est un scarabée mais quel type ?


Eh bien, le vendeur..
A

Je n'ai pas de vendeur Je... travaille seul dans ce magasin

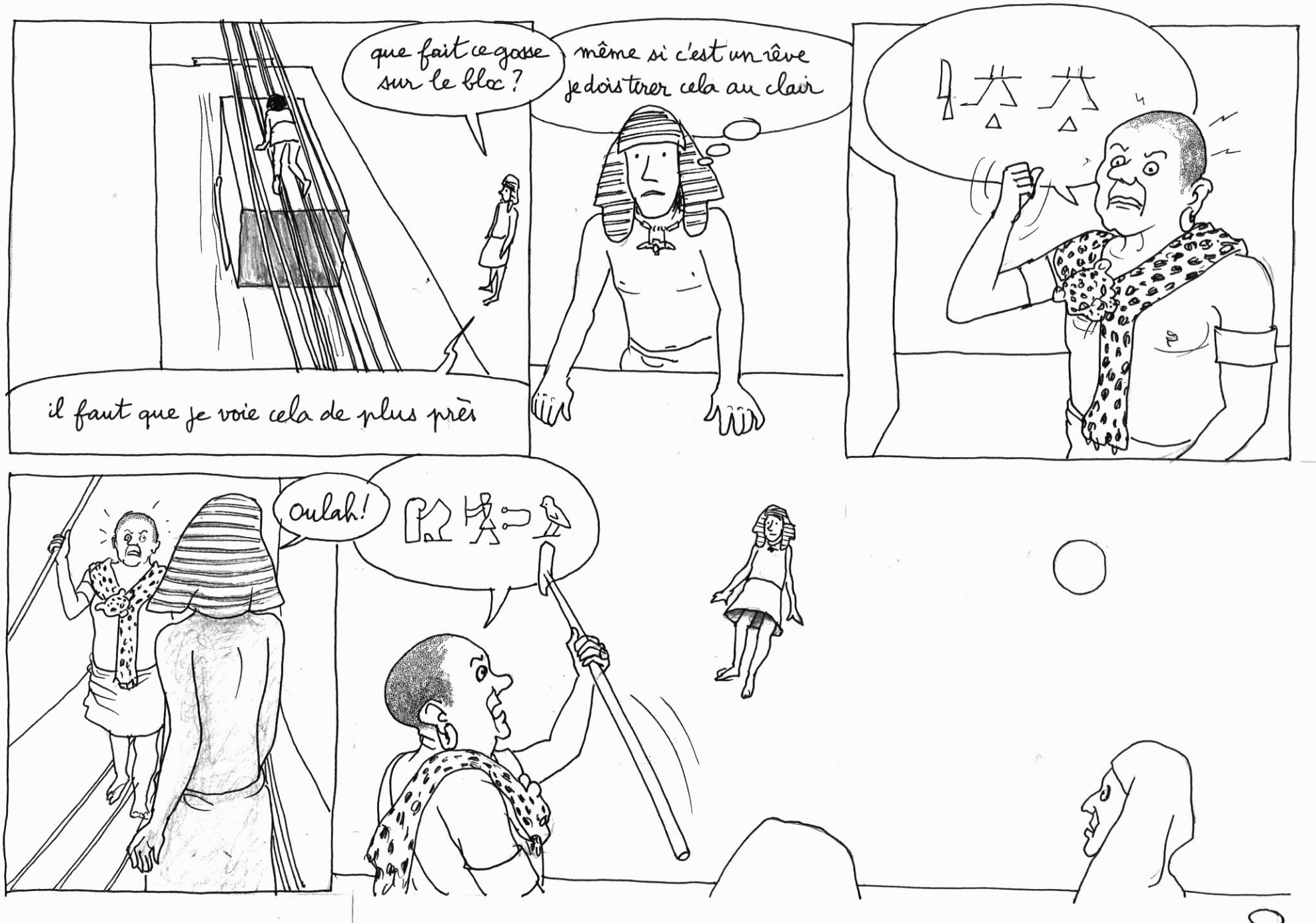
il doit être encore dans cette salle, au fond

personne !
il n'y a personne et cette arrière salle ne débouche sur aucune autre issue

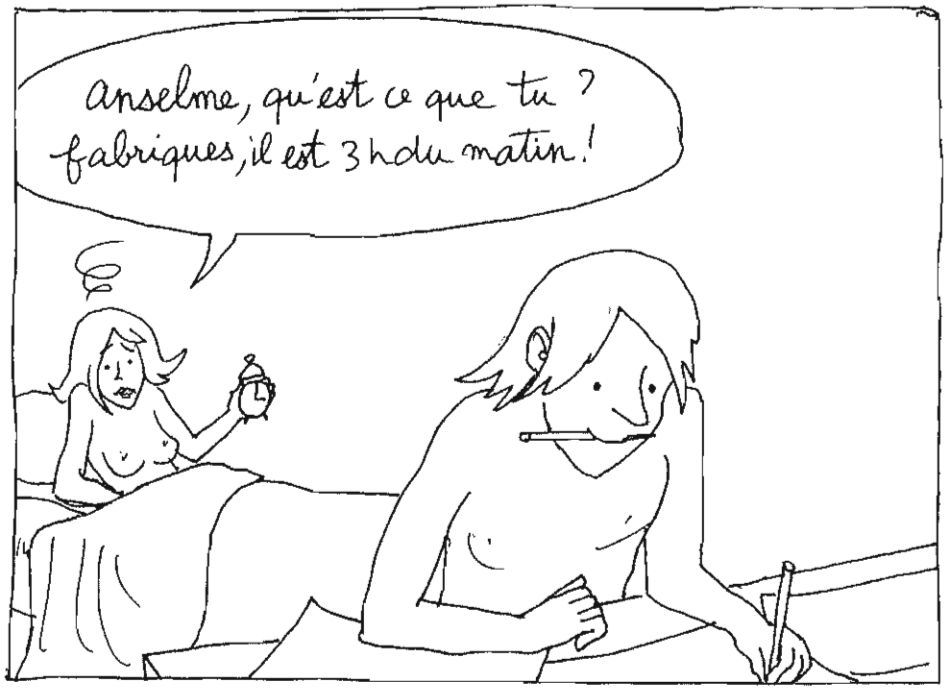

Non, ce scarabée ne vient pas de ma boutique
une très belle pièce d'ailleurs
A
j'ai vu ce type qui avait une longue barbe et qui m'a donné ce scarabée
ce bonhomme n'est pas passé à travers les murs, quand même ?
Anselme, viens dormir il est déjà tard
les heures s'égrennent dans la chambre d'hôtel

!?!
ce rêve est complétement fou ! voila que je passe au travers du plafond de l'hôtel !?!
HÔTEL
je plane au dessus du plateau de Giza et la pyramide de Kheops a l'air intacte, avec son revêtement en calcaire qui brille sous la lune...
celle de Kephren est inachevée et celle de Mykerinos est absente

qui est-ce qui crie là-bas?
c'est pas la peine de gueuler comme ça, je ne comprends pas un mot de ce que vous dites
c'est fou qu'on arrive à faire des rêves aussi détaillés, aussi réalistes
tous ces détails..


que fait ce gosse sur le bloc ?
il faut que je voie cela de plus près
même si c'est un rêve je dois tirer cela au clair
Oulah!

quel rêve extraordinaire ! il faut absolument que je prenne des notes !
JETO


Anselme, qu'est ce que tu fabriques, il est 3 h du matin !

regarde : j'ai vu comment on montait les très gros blocs, pour construire les grandes pyramides

voilà un rêve des plus intéressants !
j'ai passé la nuit à noter tous les détails de ce qui m'était apparu dans ce rêve

Et voilà Anselme Lanturlu reparti dans une nouvelle aventure rocambolesque, après avoir vu en rêve la machine dont se servaient les anciens Egyptiens pour élever les gros blocs de pierre

passionnant

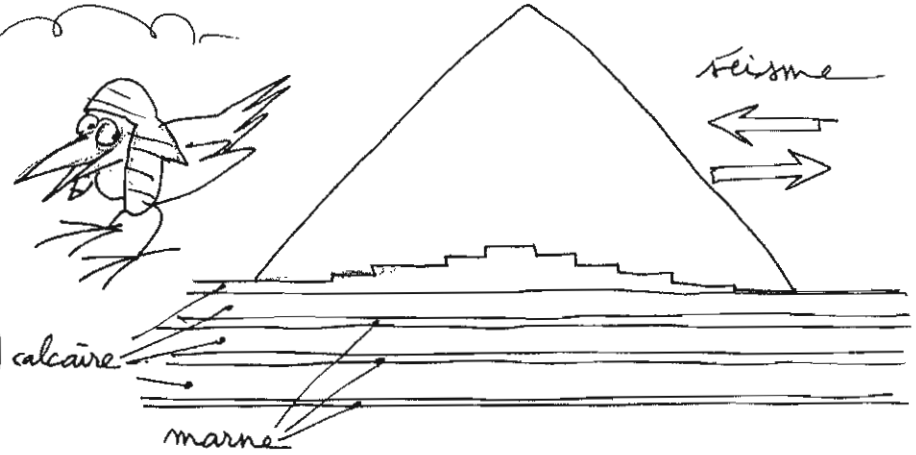
avant de passer à la description de cette machine, nous allons passer en revue un certain nombre de principes de l'architecture de l'Egypte antique

Dans l'Ancien Empire égyptien (2700-2200 av. J.C) le fer est inconnu. Le pays dispose de cuivre et importe de l'étain. Martelé (écroui) le cuivre, enrichi à l'arsenic a une dureté suffisante pour permettre de travailler le calcaire

LA SISMICITÉ

un sous-sol constitué d'une succession de couches mécaniquement différente constitue, comme à Giza, succession de couches de calcaire et de marne, un soubassement optimal pour atténuer les secousses sismiques. Ceci joua un rôle majeur pour le choix du site - Quand en ... av JC le Caire fut ravagé par un séisme, les pyramides restèrent intacte

elles sont construites sur un mamelon sculpté qui, avec ses marches d'escalier a fait figure de pion de centrage, en maintenant l'ensemble en place pendant les séismes



mamelon

on retrouve cela dans diverses régions du monde où ces sortes de "gradins" sont interprétés comme étant des sièges d'une assemblée rituelle, alors que leur rôle est de maintenir une structure en place

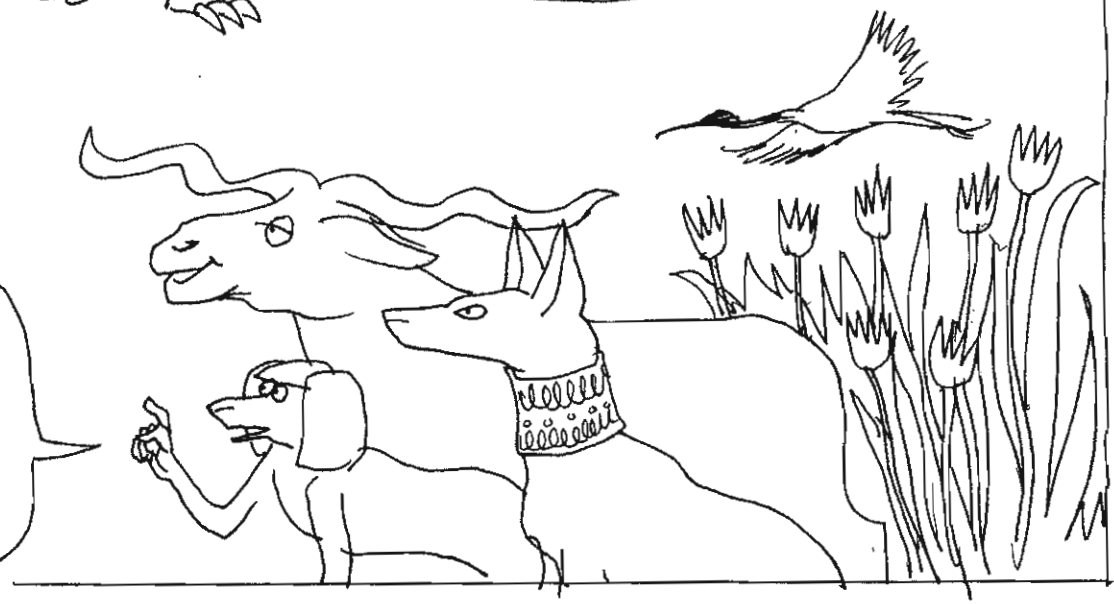
le "trône" de l'Inca

dont les pierres ont disparu ayant été récupérées

la résistance aux séismes conseille de proscrire toute régularité. Exemple le temple qui se trouve aux pieds du Sphinx, ou le célèbre mur Inca de CUZCO

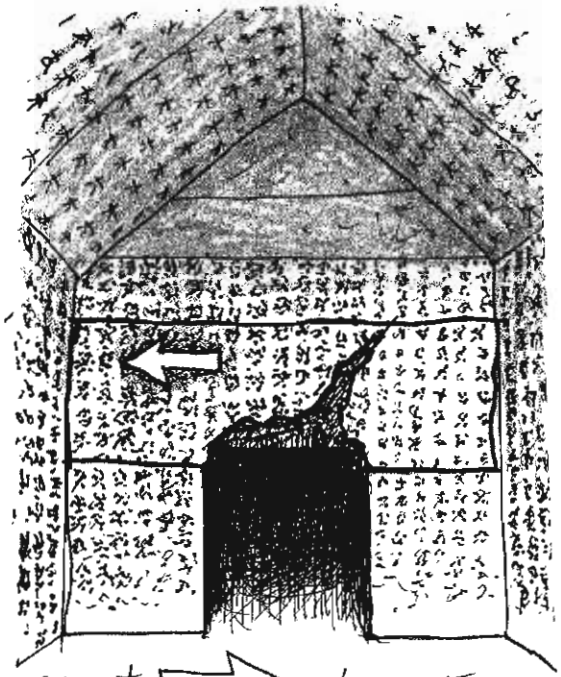
en partie. Quand les gens du Caire eurent fini d'enlever la couverture de fin calcaire de Tourah ils laissèrent celui qui était en dessous, qui était de bien moindre qualité

l'idée générale est que ce qui est déja fendu ne pourra se fendre. La structure "multi-fissurée des pyramides les rend aptes à absorber l'énergie des plus forts séismes

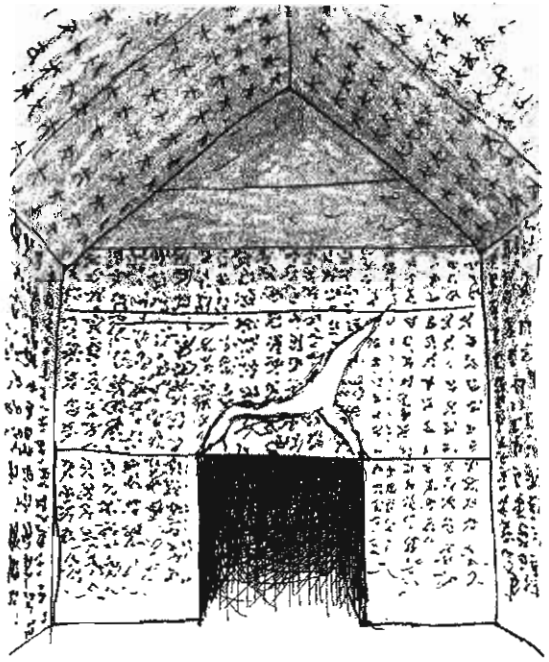


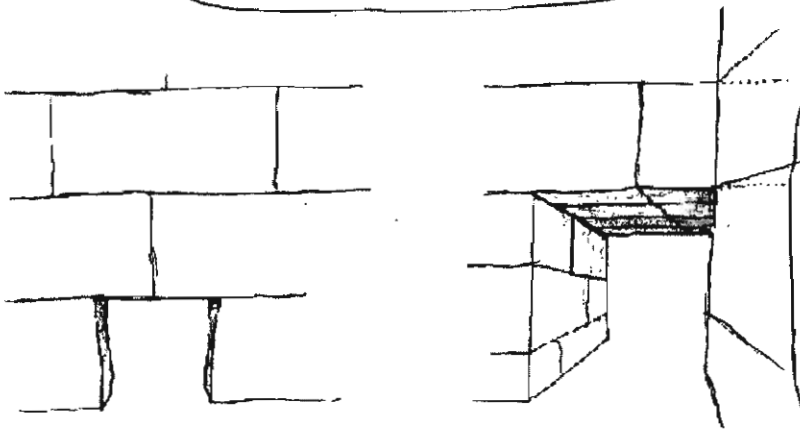
encore faut-il que nos prêtres-architectes fassent correctement leur travail en agençant les blocs

se refusant de recourir à la technique du "linteau fendu"

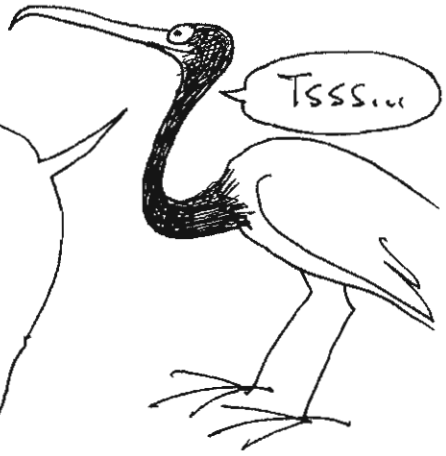


avant ⇨ réparation

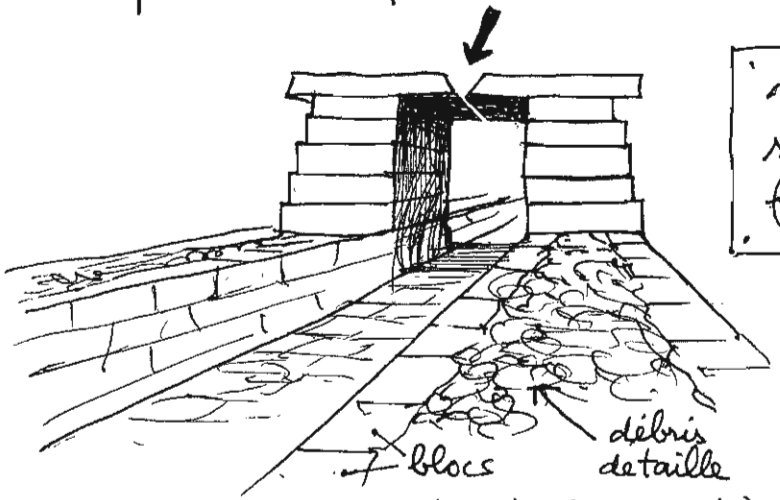




l'architecte du pharaon Ounas (2350 av.JC) pensa que le massif était la solution. Mais l'énorme linteau, subissant un cisaillement, se fendit. Réparé (à droite) il se brisera de nouveau au prochain séisme



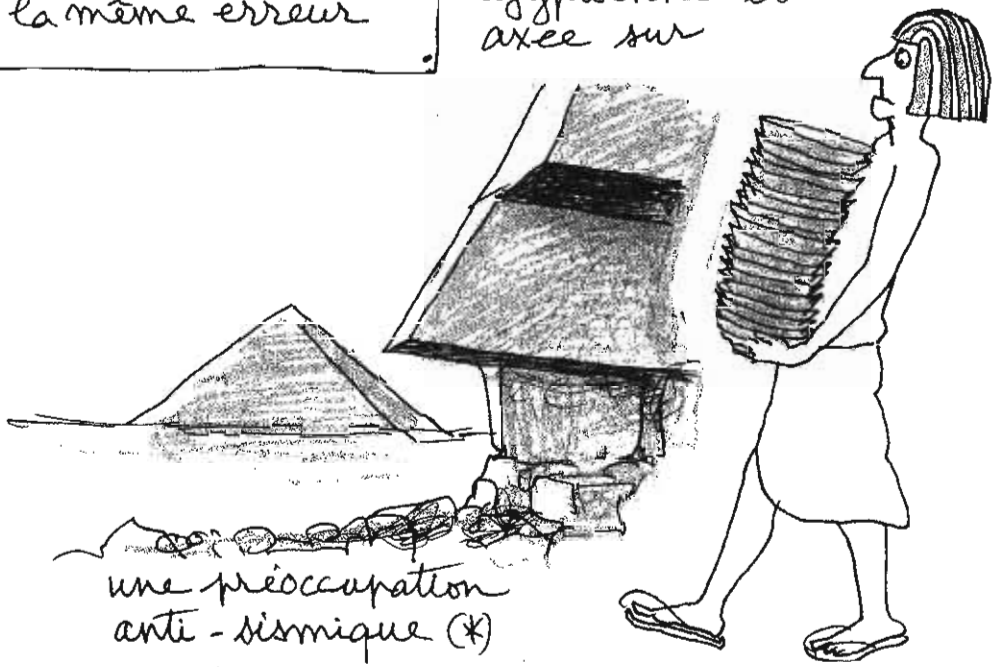
découpe inclinée qui laisse entrer la lumière



Reste de la chaussée d'accès (couverte) de la pyramide d'Ounas (Sakkarah)

mais, un peu plus loin son collègue n'a pas fait la même erreur

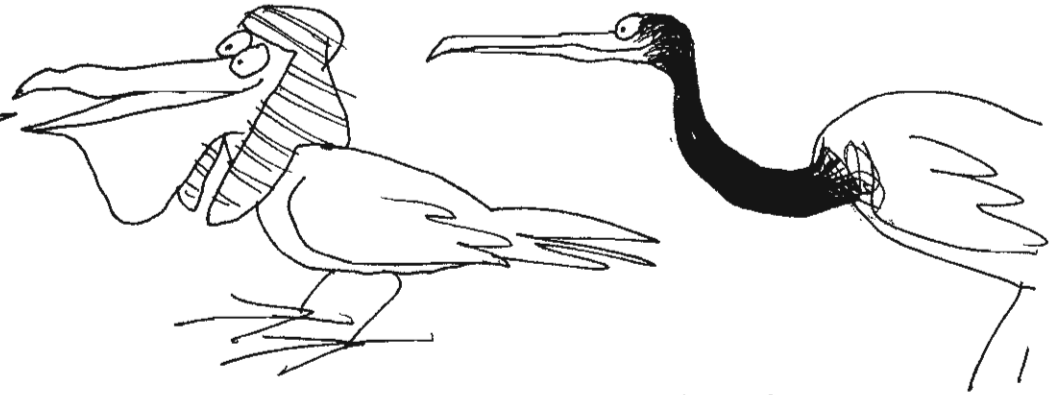
pour qui est un tant soit peu attentif toute l'architecture égyptienne est axée sur



une préoccupation anti-sismique (*)

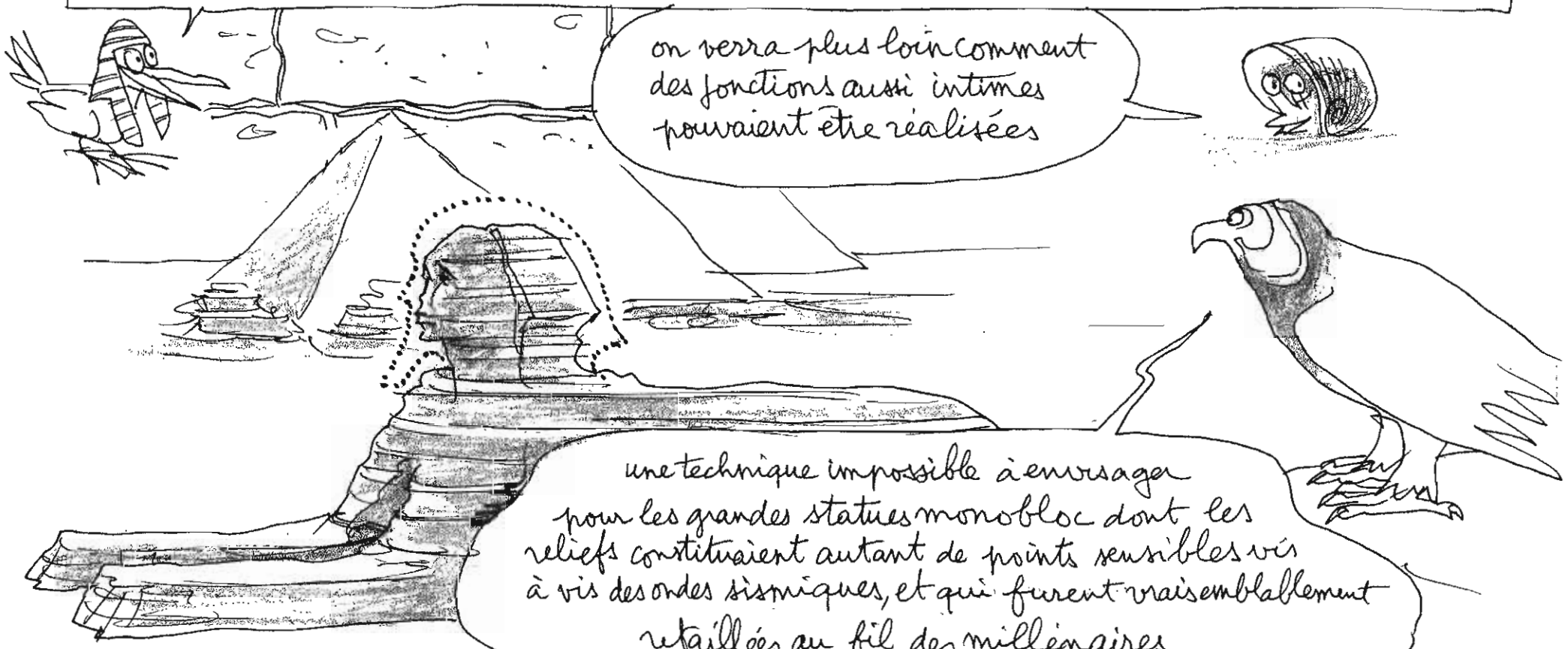
Pyramidion
Sakkarah
1230 av. JC

même les **PYRAMIDIONS**, élément sommital des pyramides, étaient conçus pour rester dans leur logement en cas de fortes secousses

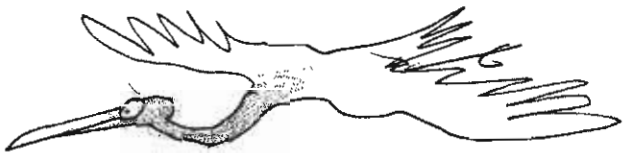


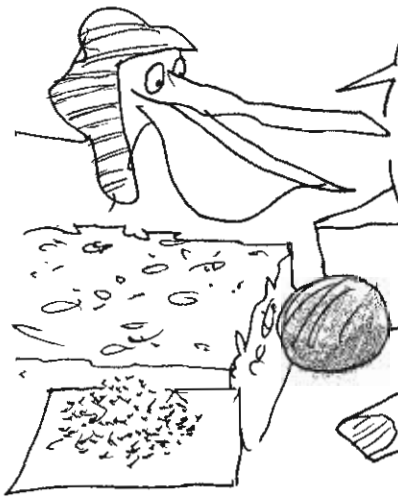
(*) au premier plan les blocs de la **PYRAMIDE RHOMBOÏDALE**, montrant l'inclinaison des lits de pierre et, à l'arrière-plan la **PYRAMIDE ROUGE**, à **DASHOUR**

mais il est une chose que les égyptologues n'ont absolument pas comprise : le fait que négocier des surfaces de contact entre les blocs, gauches, non planes, n'était pas subi, mais au contraire recherché par les architectes de l'Antiquité, précisément pour assurer la stabilité de leurs édifices. Des jonctions cimentées se seraient brisées. Des jonctions planes auraient permis un glissement. Seule des jonctions sur des surfaces gauches, même selon des reliefs de quelques millimètres, entrainaient un réajustement automatique, à chaque micro-séisme

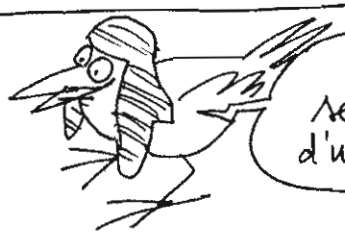


LES MATÉRIAUX DISPONIBLES



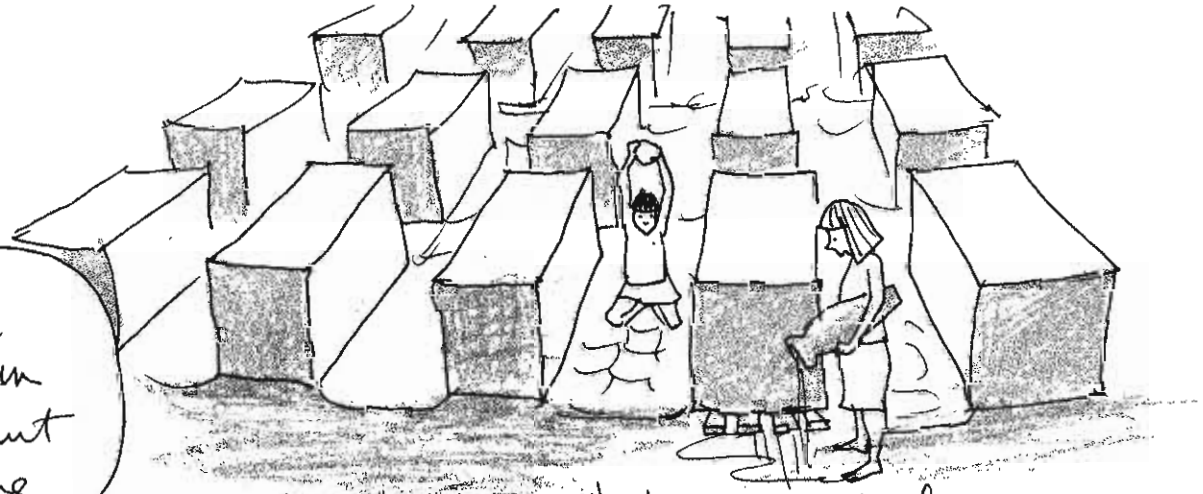


les Egyptiens ont été des maîtres dans l'usage de toutes sortes de pierres possibles et imaginables, allant des roches sédimentaires comme le calcaire et le grès jusqu'à des roches plus primitives comme le granit, le basalte, ainsi que des matériaux abrasifs comme le quartz, où la dolérite utilisée comme percuteur



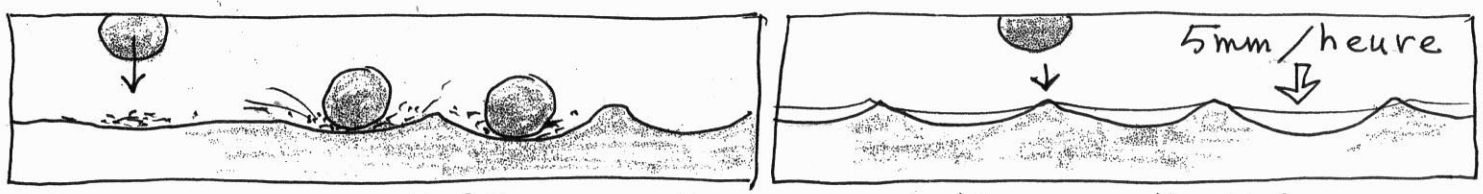
des roches comme le calcaire pouvaient se travailler relativement facilement, D'autres, d'une extrême dureté fournissaient des outils

le plateau de Giza était en soi une vaste carrière fournissant un calcaire assez grossier, se présentant en couches, séparées par de la marne

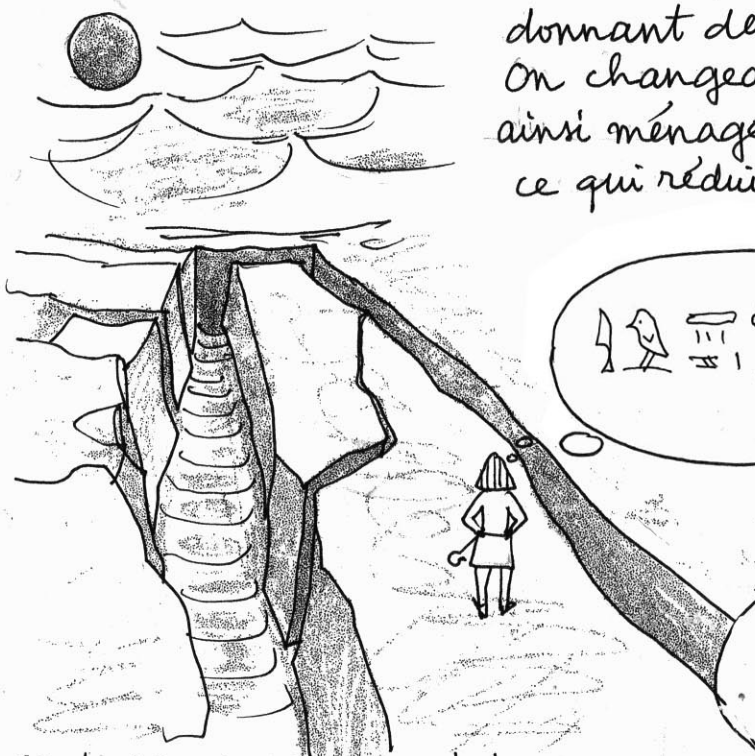


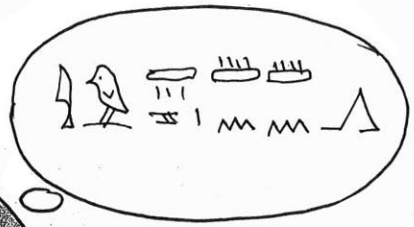
les blocs étaient séparés à l'aide de coins de bois
(Georges Goyon)

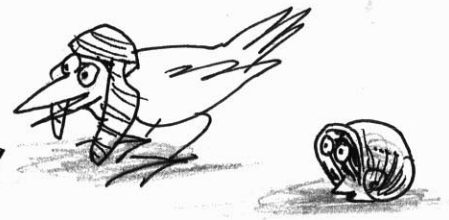
Faute de disposer d'acier, de fer ou simplement de bronze, les Egyptien de L'Ancien Empire(*) pratiquèrent avec efficacité un **USINAGE PAR PERCUSSION**(*) le granite contenait des inclusions sous forme de **BOULES DE DOLÉRITE**, une roche très dure, celles ci allant jusqu'à la taille de la tête d'un homme



on trouve près de l'obélisque d'Assouan des traces de cette technique donnant des creux évoquant des casiers pour les oeufs.
On changeait de point de frappe quand la courbure du creux ainsi ménagé devenait comparable à celle du percuteur utilisé ce qui réduisait l'efficacité de la frappe





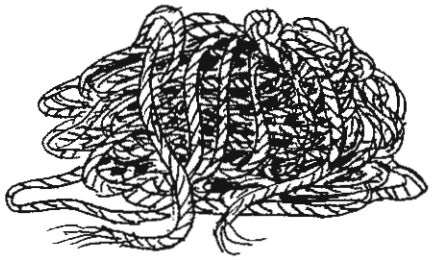


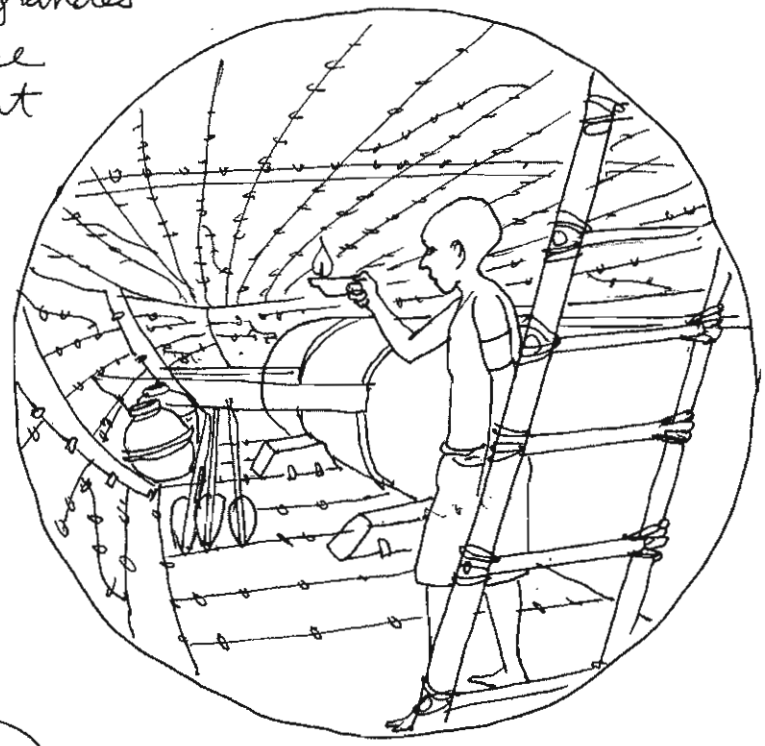
la rupture de cet obélisque de 41 mètres de long, large de 4m à sa base et pesant 1200 tonnes, due à un séisme interrompit les travaux. On verra plus loin comment de tels monstres étaient achevés

(*) de 2700 à 2200 avant JC

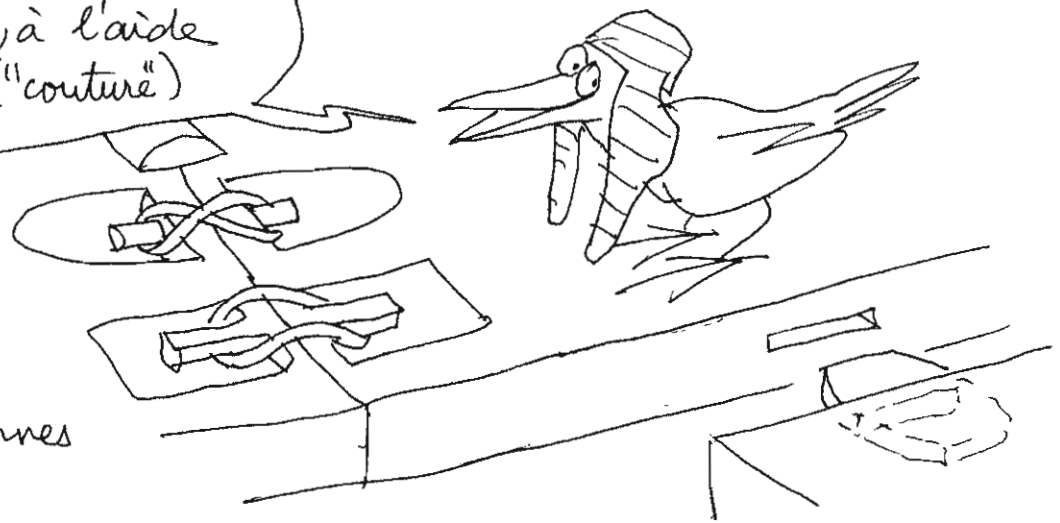
* Efficaces sur du calcaire les outils de cuivre et de bronze n'attaquaient les "pierres dures" comme le granite

Si le bois d'accacia était une production locale, les grandes pièces de bois devaient être taillées dans des troncs de cèdre importés par mer du Liban. Les résines fournissaient colles et vernis. Les Egyptiens de l'Ancien Empire savaient très bien confectionner des cordes en chanvre aussi résistantes que les cordes modernes (*)





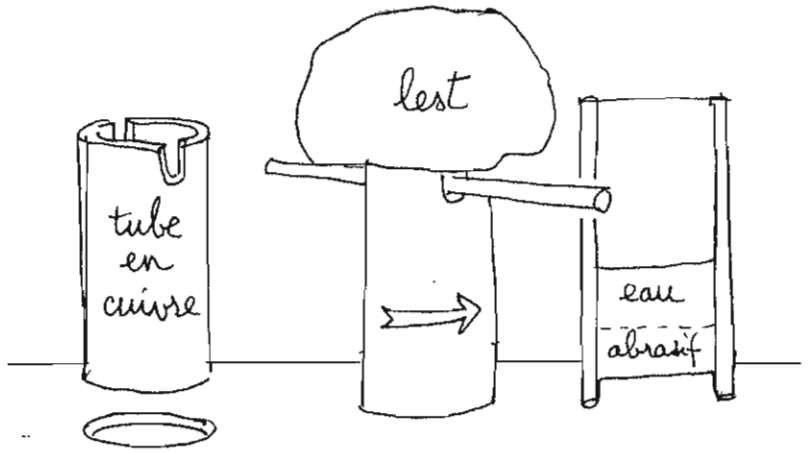
mais comme le bois était quelque chose de rare et de précieux les Egyptiens s'ingénierent, à l'aide de montages complexes, utilisant la corde ("couture") pour en récupérer les moindres fragments



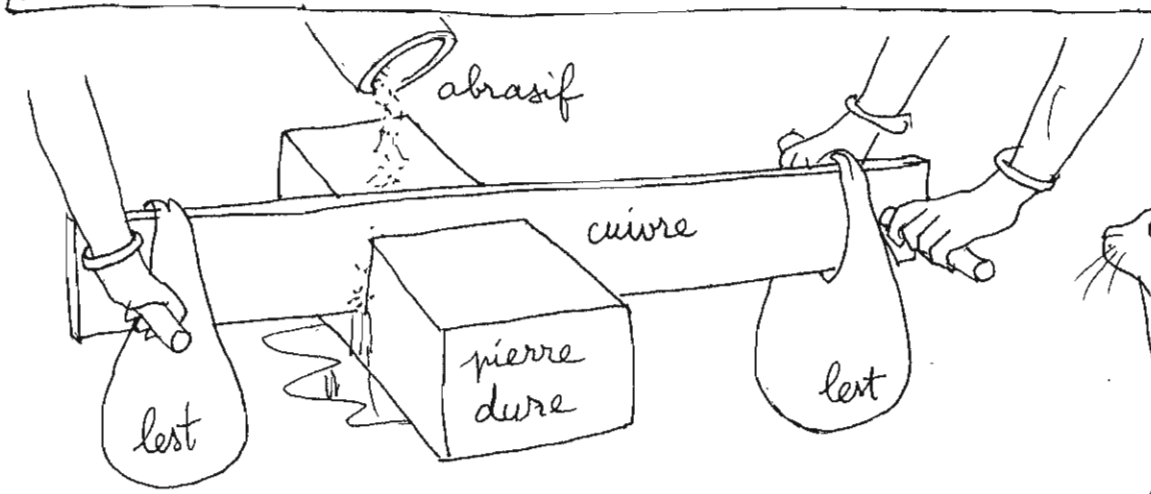
(*) corde chanvre diamètre 50mm → 4 tonnes

LES OUTILS

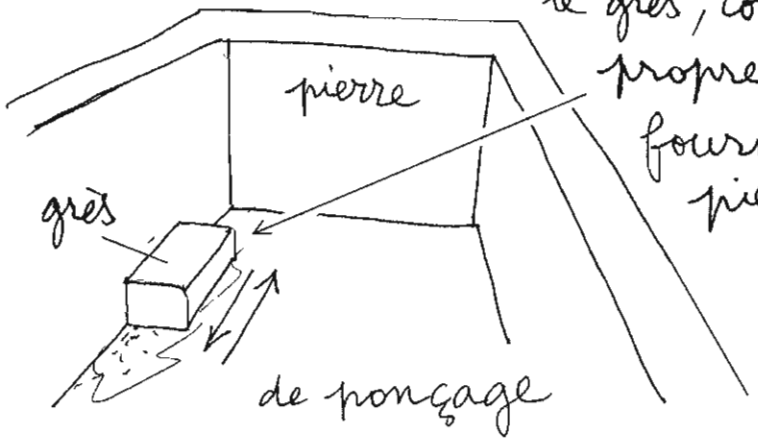
Dans l'Ancien Empire, comme le seul métal disponible était le cuivre, l'attaque directe des matériaux (pierre, bois) était impossible (par exemple avec une scie munie de dents). On avait alors recours à l'**ABRASION**



perçage de gond



la poudre de quartz est alors mise à contribution pour opérer toutes sortes d'opérations, de sciage, de perçage, de forage

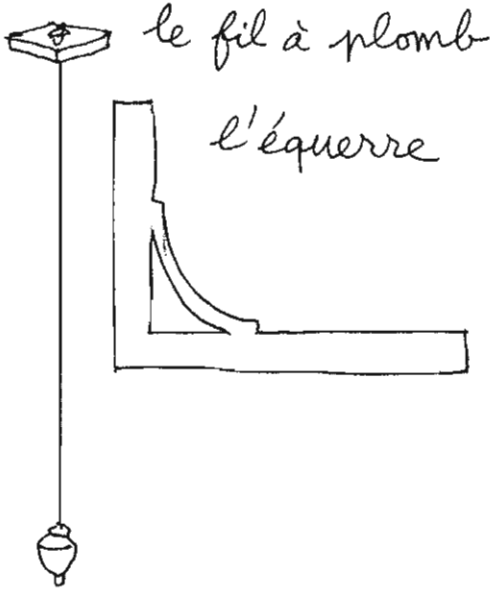


de ponçage

le grès, contenant son propre abrasif fournit d'efficaces pierres à poncer

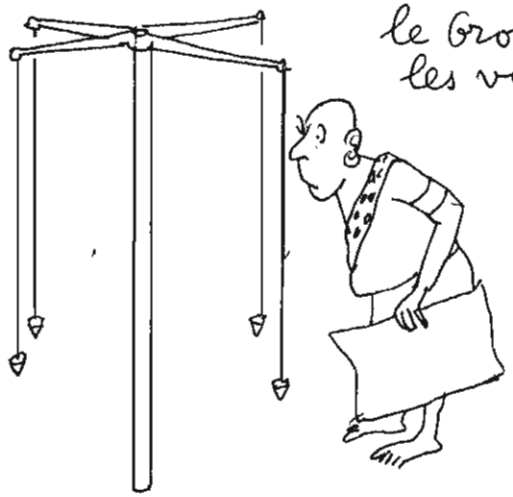
dans la pierre comme dans le bois

INSTRUMENTS DE MESURE



le fil à plomb

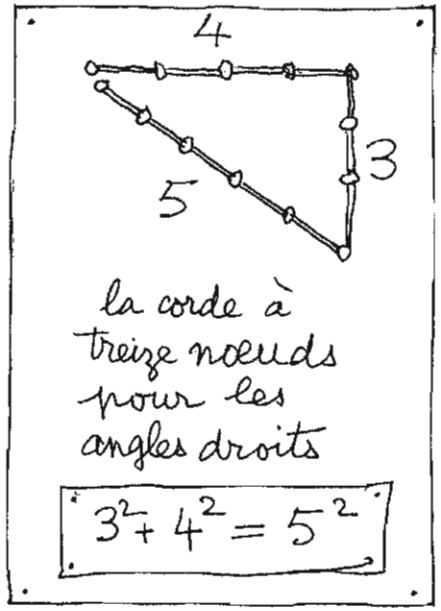
l'équerre



le Groma pour les visées

et pour vérification :

de la verticalité



la corde à treize noeuds pour les angles droits

$3^2 + 4^2 = 5^2$

le compas, avec adaptation des proportions et évaluation des angles

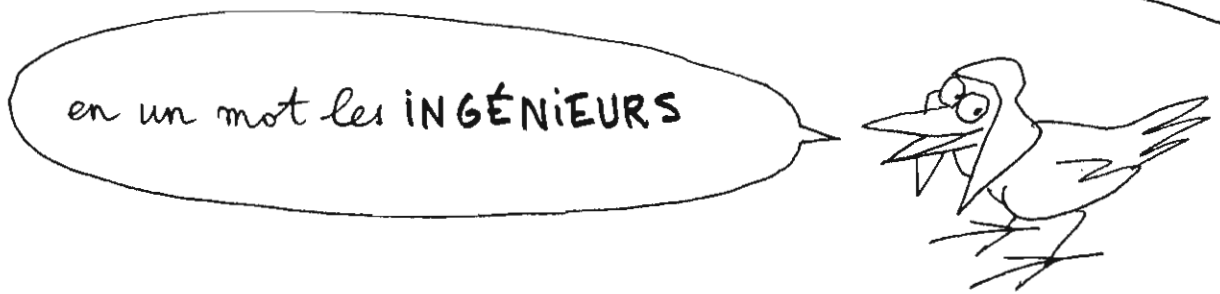
de l'horizontalité

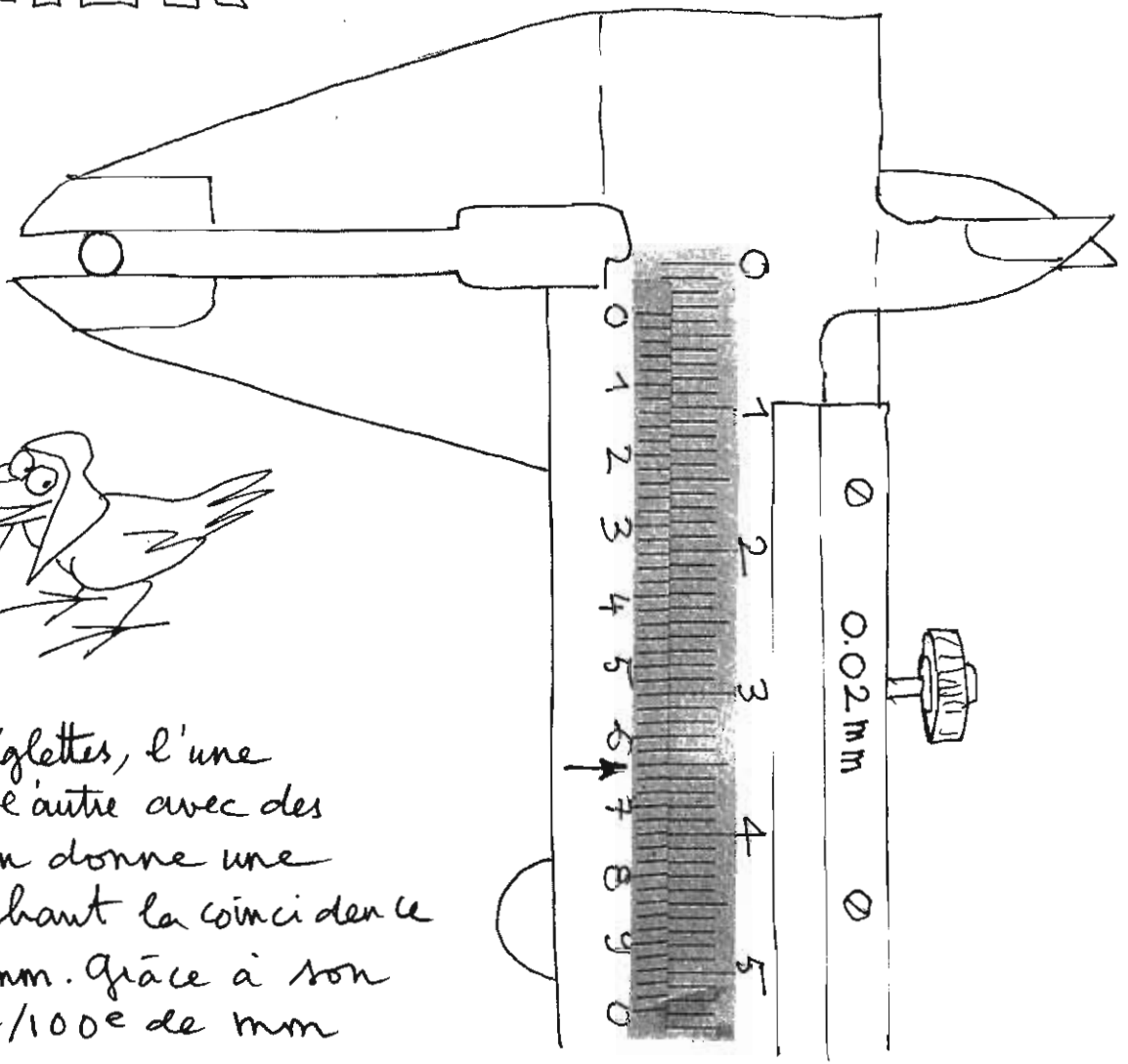
de la planéité

le rouleau, pour les distances, propre à faire apparaître le nombre π partout où on évaluera des rapports de longueurs

3000 ANS AVANT VERNIER (*)

Ceci est un **PIED À COULISSE** instrument favoris de ceux qui, n'étant pas égyptologues s'occupent d'**INGINIERIE**

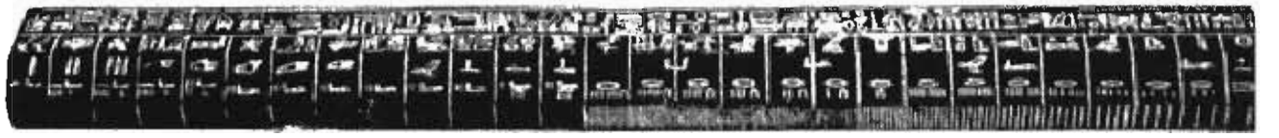




Cet instrument met face à face deux réglettes, l'une avec des graduations d'un millimètre, l'autre avec des graduations de 0,9 mm. Le réglet numéro un donne une mesure de 3,6 mm (à l'œil). Mais, en cherchant la coïncidence entre les deux on lit (flèche noire) 3,64 mm. Grâce à son Vernier un pied à coulisse est précis au 2/100e de mm

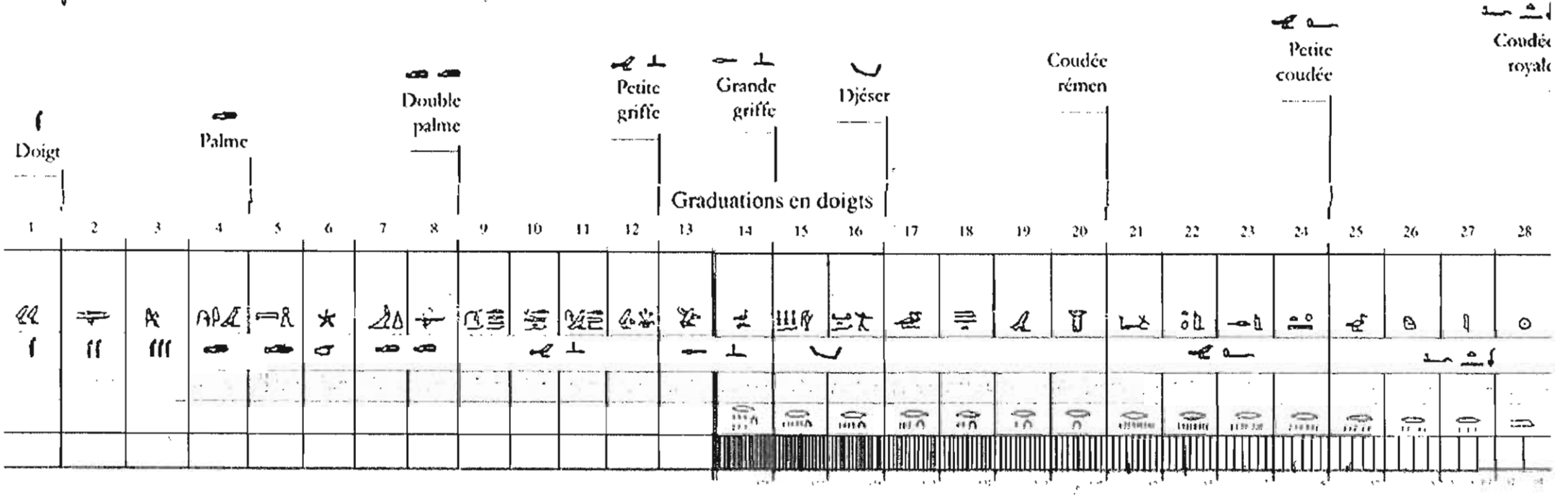
(*) Pierre Vernier, mathématicien, qui (ré) invente cet objet en 1631

LA COUDÉE ÉGYPTIENNE



coudée d'Amenhatep II 1559-1539 LOUVRE

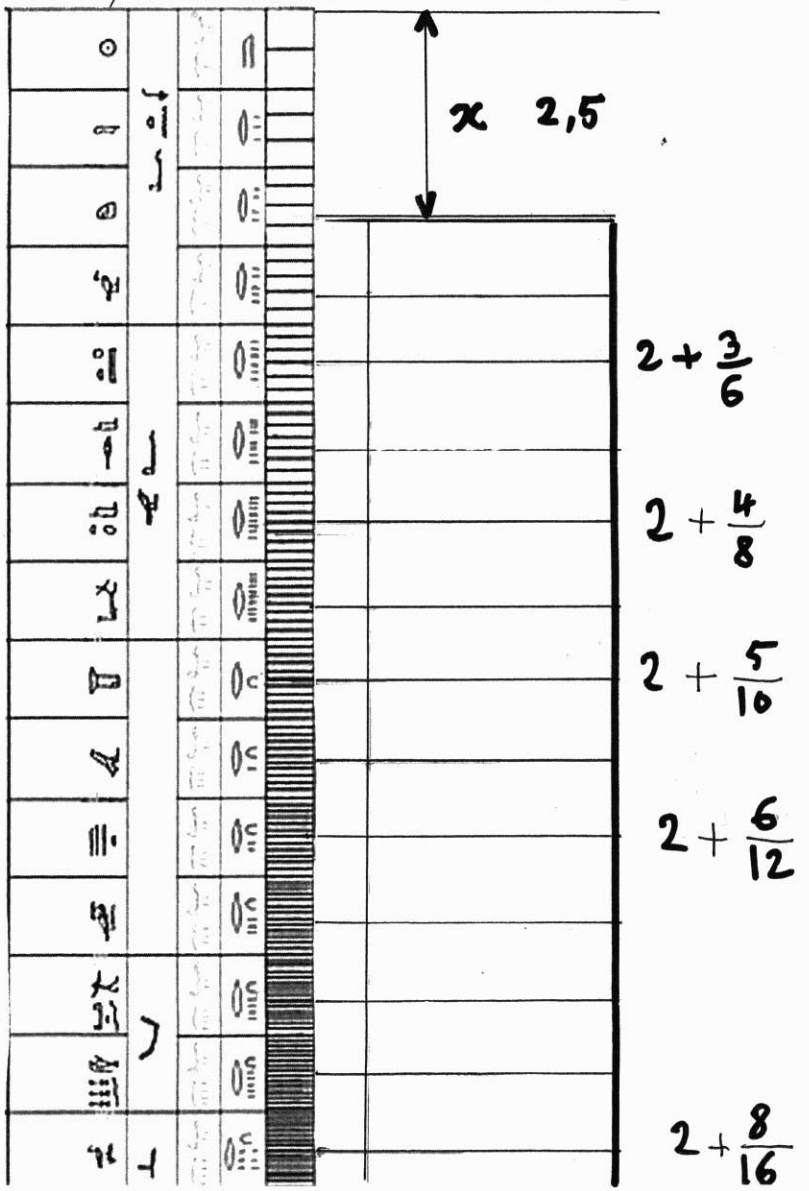
Il y est fait mention des subdivisions ci-après :



Dans la partie droite ces subdivisions "doigt" sont elles-mêmes divisées par 2 : ⊃, puis par trois ⊂ par quatre jusqu'à seize, le signe de "l'oeil d'Horus" ⬭ étant traduit par "divisé par". Le symbole ∩ ∩ étant le "dix" égyptien. Le caractère progressif de ces subdivisions, de même qu'elles ne figurent que sur la moitié de la coudée n'avait pas reçu d'explication à ce jour.

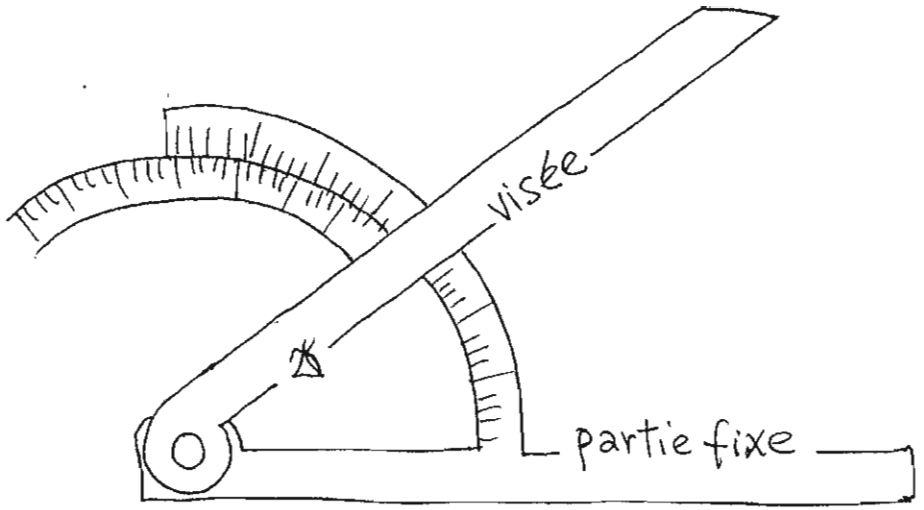
DONNONS LA CLÉ DU MYSTÈRE

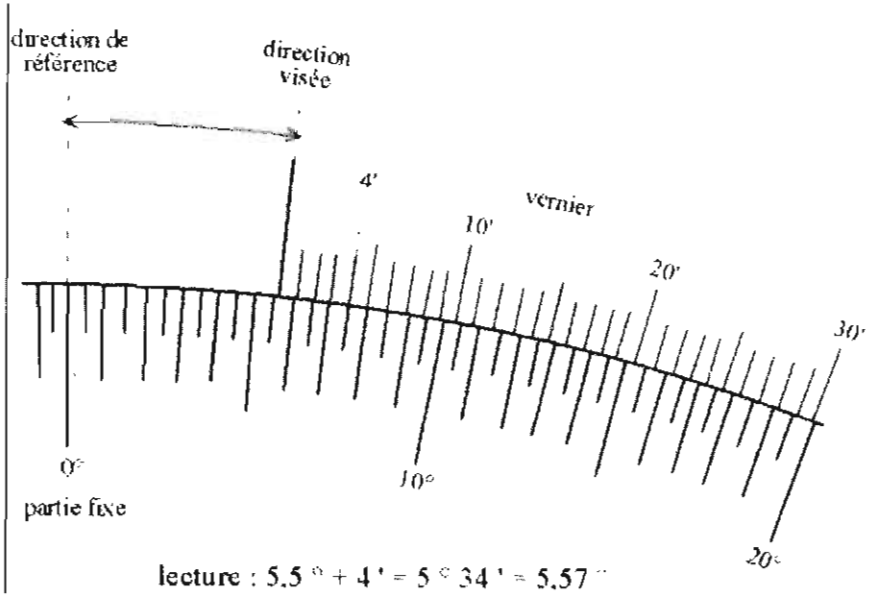
une **MESURE**, dans l'Egypte pharaonique, se traduisait par la somme d'un nombre entier, plus le rapport de deux nombres entiers. que cela soit pour lire un plan ou consigner une donnée sur celui-ci les architectes égyptiens utilisaient non **UNE** coudée mais **DEUX**, en tournant la seconde de 180°:



En décalant la seconde coudée (ici de 2.5 cm) si on recherche des coincidences entre les graduations on trouvera les mesures ci-après, permettant au passage de voir que :

$\frac{3}{6} = \frac{4}{8} = \frac{5}{10} = \frac{6}{12} = \frac{8}{16}$ Ainsi la coudée Royale de l'Ancien Empire possède-t-elle un système **MULTI-VERNIER** permettait de réaliser des mesures précises au seizième de doit, soit 0,116 mm





un **GONIOMÈTRE**, appareil à mesurer les angles est un "pied à coulisse enroulé" doté d'un Vernier angulaire. Là encore on procède en recherchant une coincidence entre deux réglets circulaires portant des graduations d'espacements différents le goniomètre permet d'opérer des relèvements ou des visées à quelques centièmes de degrés près.

même si on n'a pas retrouvé de goniomètres à vernier égyptiens, étant donnée la précision attachée à leurs constructions, il est hautement probable qu'ils en disposaient dès 2600 av. JC

4) le mathématicien Pedro Nunes en dota la marine portugaise (1502-1578) en dotant leurs **ASTROLABES** d'un "Vernier" (un siècle avant que ce dernier ne l'invente...)

Quand elle ne s'attache pas à reconstituer l'histoire des peuples des temps anciens l'archéologie tente de faire la lumière sur les sciences et les techniques de jadis. Elle concentre alors son attention sur les outils, les instruments de mesure et sur les objets et constructions de toutes tailles qui ont pu être réalisés avec ces éléments.

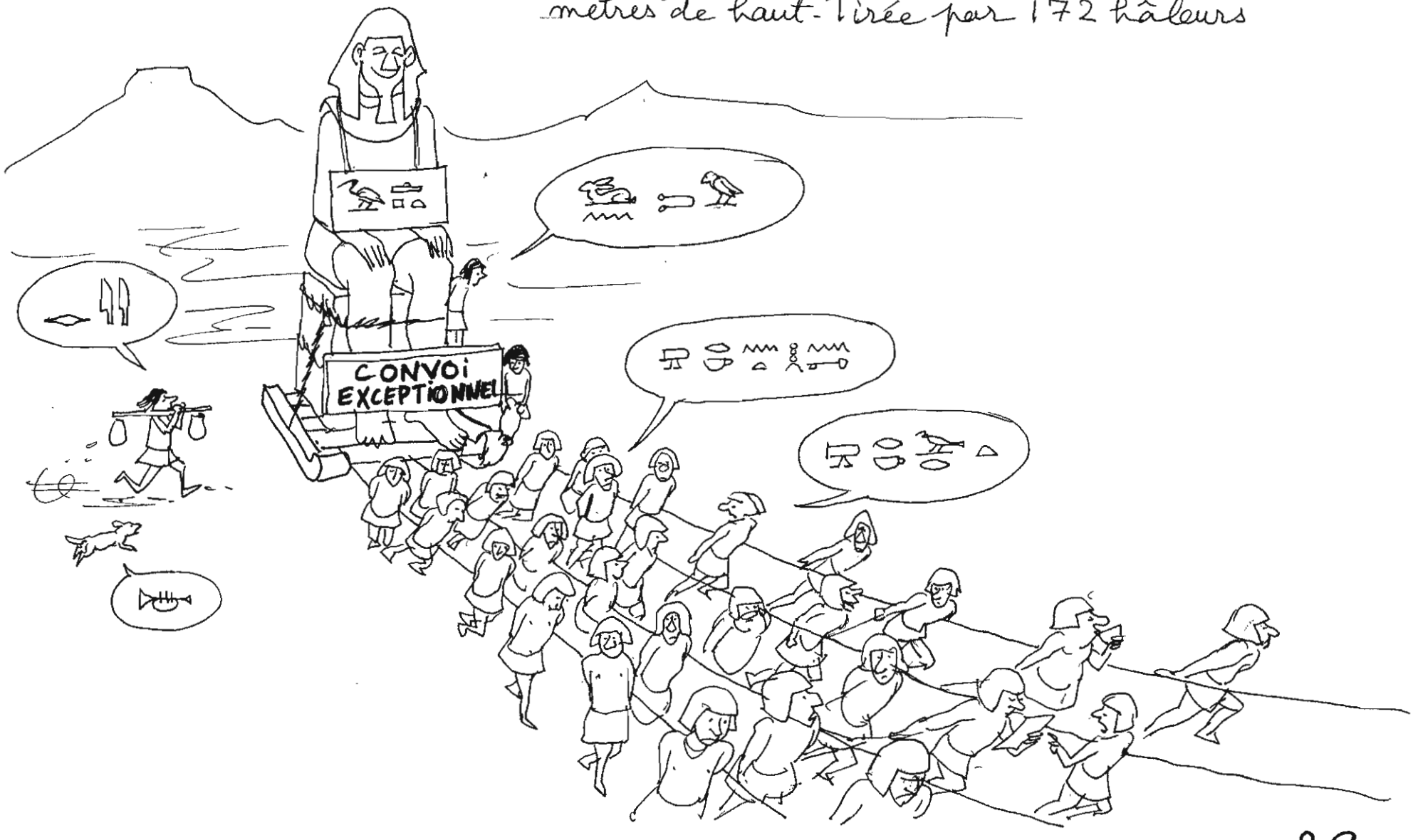
Elle dispose parfois de la description de tel ou tel modus operandi, sous la forme de de dessins, de schémas, voire de textes écrits. Mais la découverte de ces derniers constitue un évènement exceptionnel. Quand les peuples ignorent l'écriture ils n'existent simplement pas. Ainsi personne ne connaitra les fantastiques recettes de ces métallurgistes chevronnés qu'étaient les Gaulois. S'agissant de l'Egypte, l'immensité du temps écoulé ne facilite pas les choses. Où sont les centaines de milliers d'outils des bâtisseurs des pyramides? où sont leurs techniques? Où sont les calculs de leurs ingénieurs et architectes?

Tout, pratiquement, a été perdu, au fil de ces quarante siècles qui nous séparent de ces temps anciens. Faute de fils conducteurs nos spécialistes, déconcertés face à l'énormité, à la monstruosité de ce que cette histoire donne à voir, forgent un paradigme, s'appuyant sur un consensus, peuplé d'a priori sur ce que tel peuple était censé ne pas connaître. Tout cela sur la base d'un schéma évolutif qui exclut toute récession, véritable culte au progrès. On entend ainsi des phrases comme "les anciens égyptiens ne connaissaient pas la chimie, ni la roue, ni la poulie. Ils ne pratiquaient pas la navigation hauturière C'étaient de piètres mathématiciens, de piètres géomètres. Sinon ils se seraient arrangés pour nous consigner tout cela par écrit."

Bien sûr ...

LES MOYENS DE TRANSPORT

La statue de Djehutihotep (son nom sur la Pancarte) simple gouverneur de province : Soixante tonnes, sept mètres de haut - Tirée par 172 hâleurs



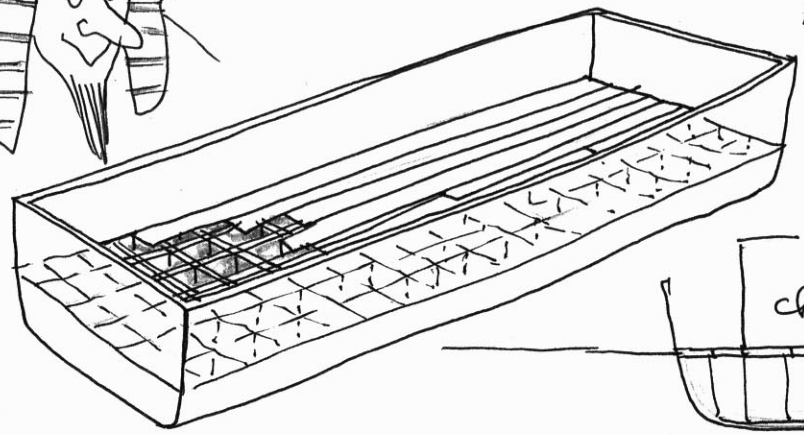
1200 tonnes, quarante mètres de long, 800 km: il va falloir prévoir un acheminement fluvial

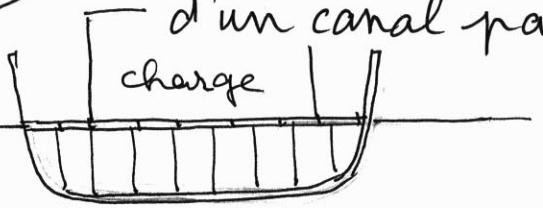
vas-y, tu peux libérer l'obélisque

#

teron en pierre

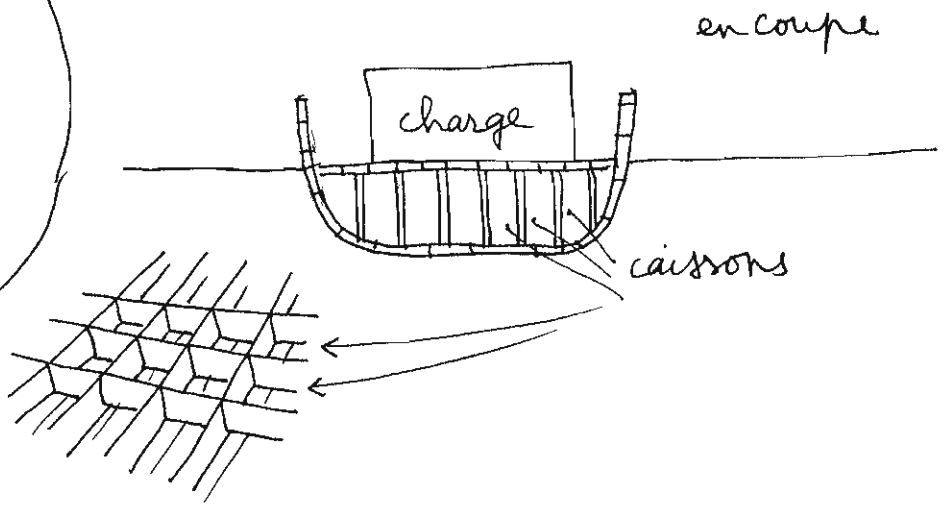
Pour ces transports hyper-lourds nous utilisons des barges spécialement conçues pour tel ou tel chargement. On dispose un fond en caissons, recouvert d'un plancher, pour mieux répartir la charge. La forme extérieure n'a pas besoin d'être hydrodynamique, la barge devant être halée le long d'un canal parallèle au NIL



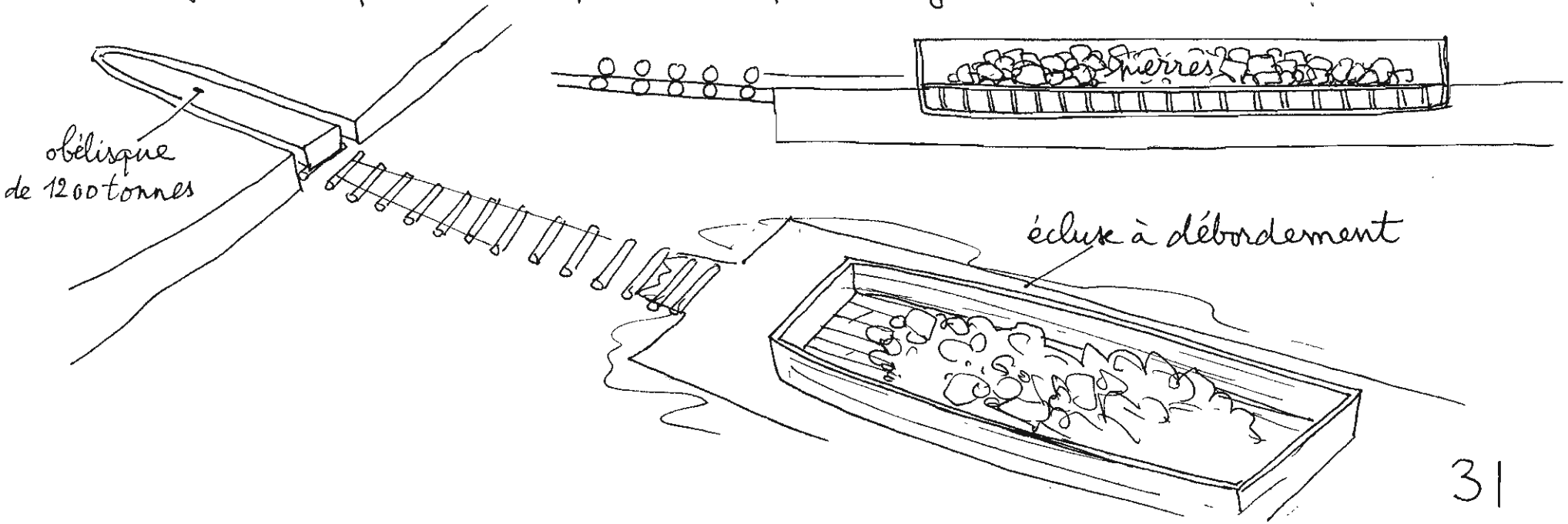


(merci à Thiery Pierre pour ses remarques)

on dimensionne la barge de telle manière que quand elle portera sa charge le niveau du plancher de sa cale coincide avec la ligne de flottaison

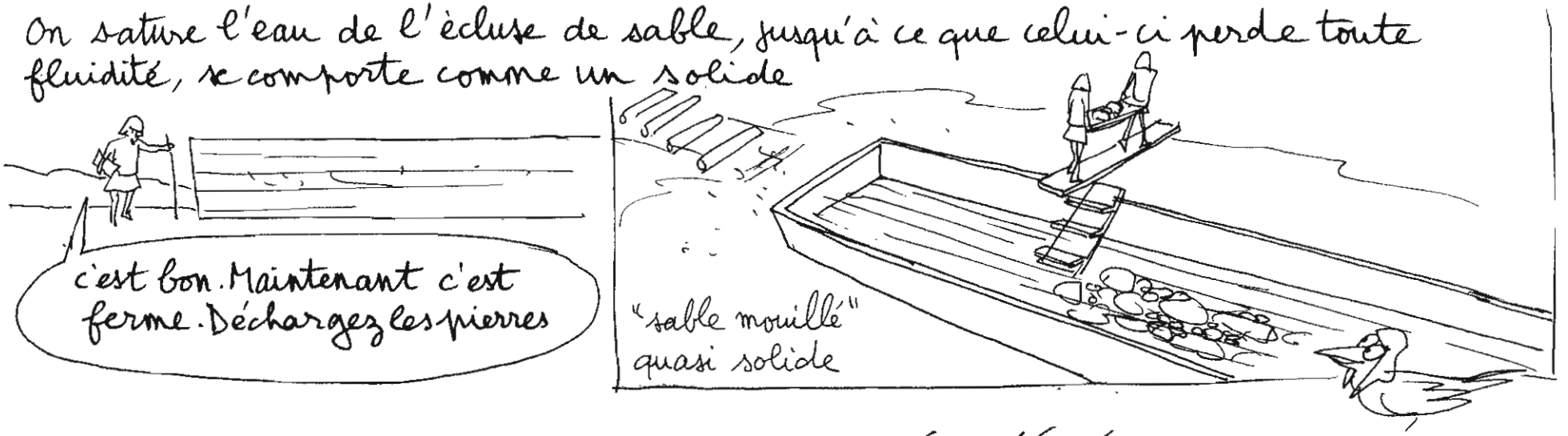


Puis on amène la barge dans une **ÉCLUSE À DÉBORDEMENT** après l'avoir chargée d'une quantité de pierres en poids égal.

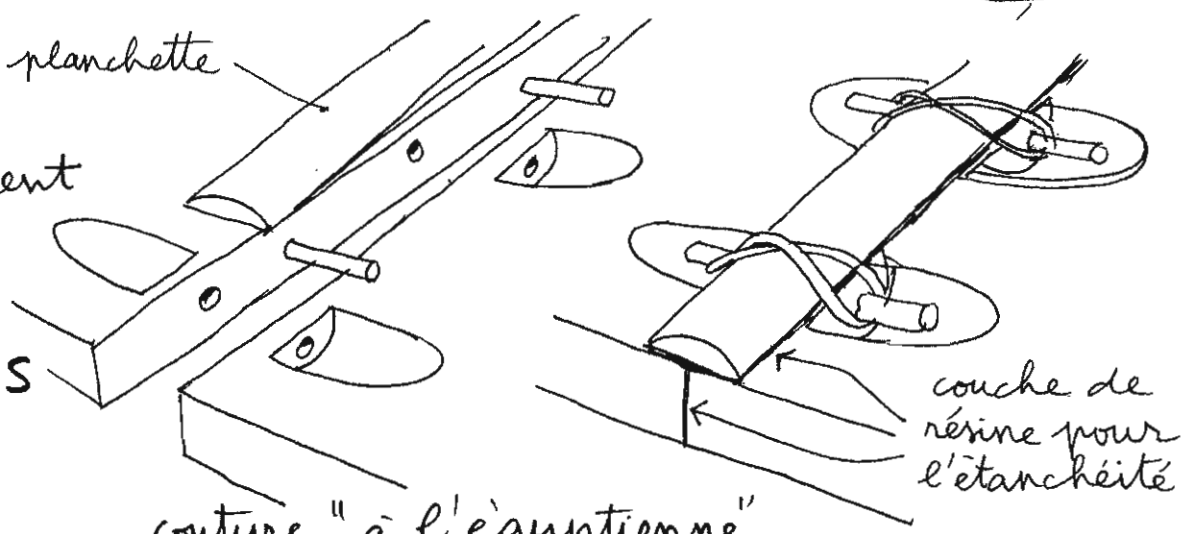


L'ECLUSE A SABLE

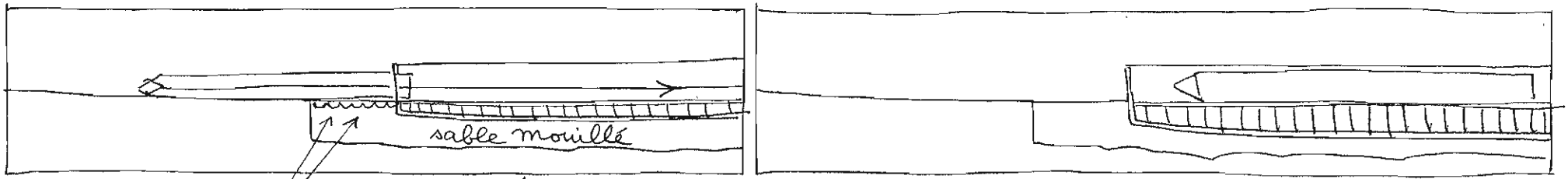
On sature l'eau de l'écluse de sable, jusqu'à ce que celui-ci perde toute fluidité, se comporte comme un solide



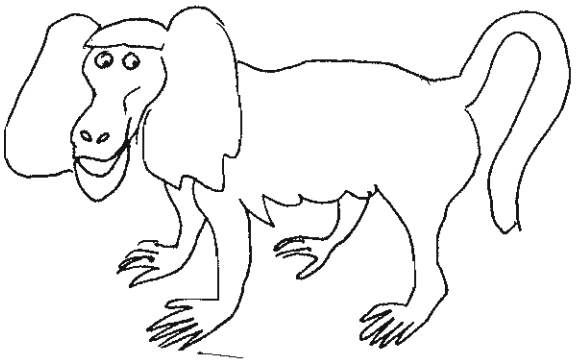
Tous les navires égyptiens avaient des coques faites de planches dont les éléments étaient liés par des cordes, ce qu'on appelle des **COQUES COUSUES**

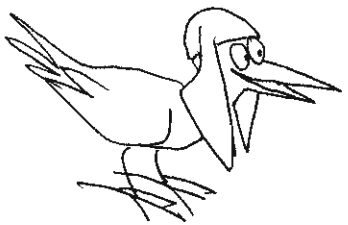


L'écluse à sable permettait le chargement de l'obélisque en la faisant rouler ou glisser sur un lit d'argile humide vers le plancher de la cale de la barge



il ne restait plus qu'à "recoudre" l'avant de la barge, puis ~~de~~ là remplacer le sable mouillé par de l'eau pour que la barge, ayant recouvré sa flotabilité, puisse emprunter le canal et être acheminée à destination

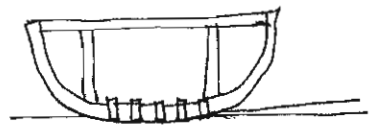




là-bas le déchargement est opéré en pratiquant les opérations inverses et en utilisant une seconde écluse à sable

tout ceci étant grosse astuce et force magie

1830 :
Deux mille ans plus tard



5 quilles !..

"chèvre"

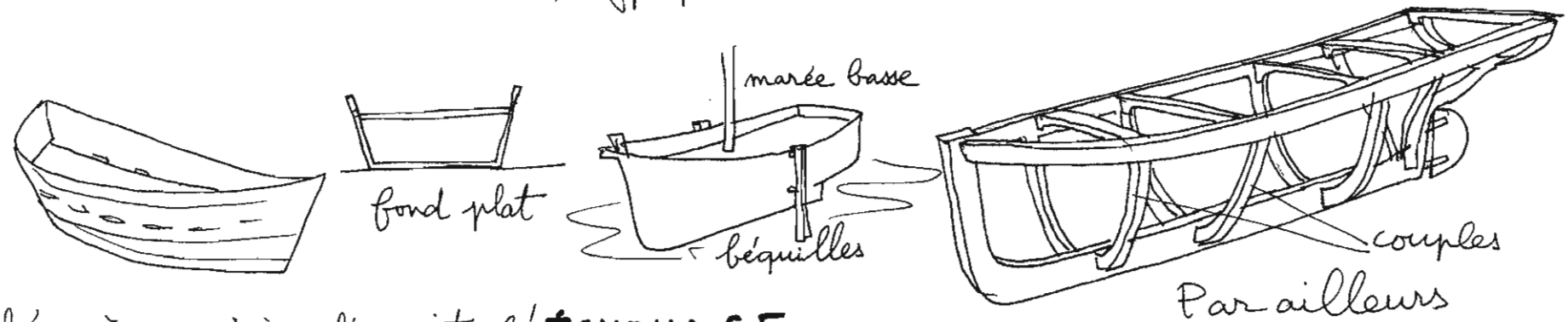
cabestans

ancres

Le "Louxor"

Les Français, pour le transport de l'obélisque de 23 mètres et de 230 tonnes, qui fut installée place de la Concorde utilisèrent un bateau a fond plat, spécialement conçu à cet effet (cinq quilles), dont l'avant était également amovible.
Initialement cet obélisque reposait sur un socle flanqué de quatre fois quatre babouins, dressés sur leurs pattes arrière. Comme leurs sexes étaient apparents, un autre support fut sculpté, dans le même matériau que l'obélisque = du granite rose

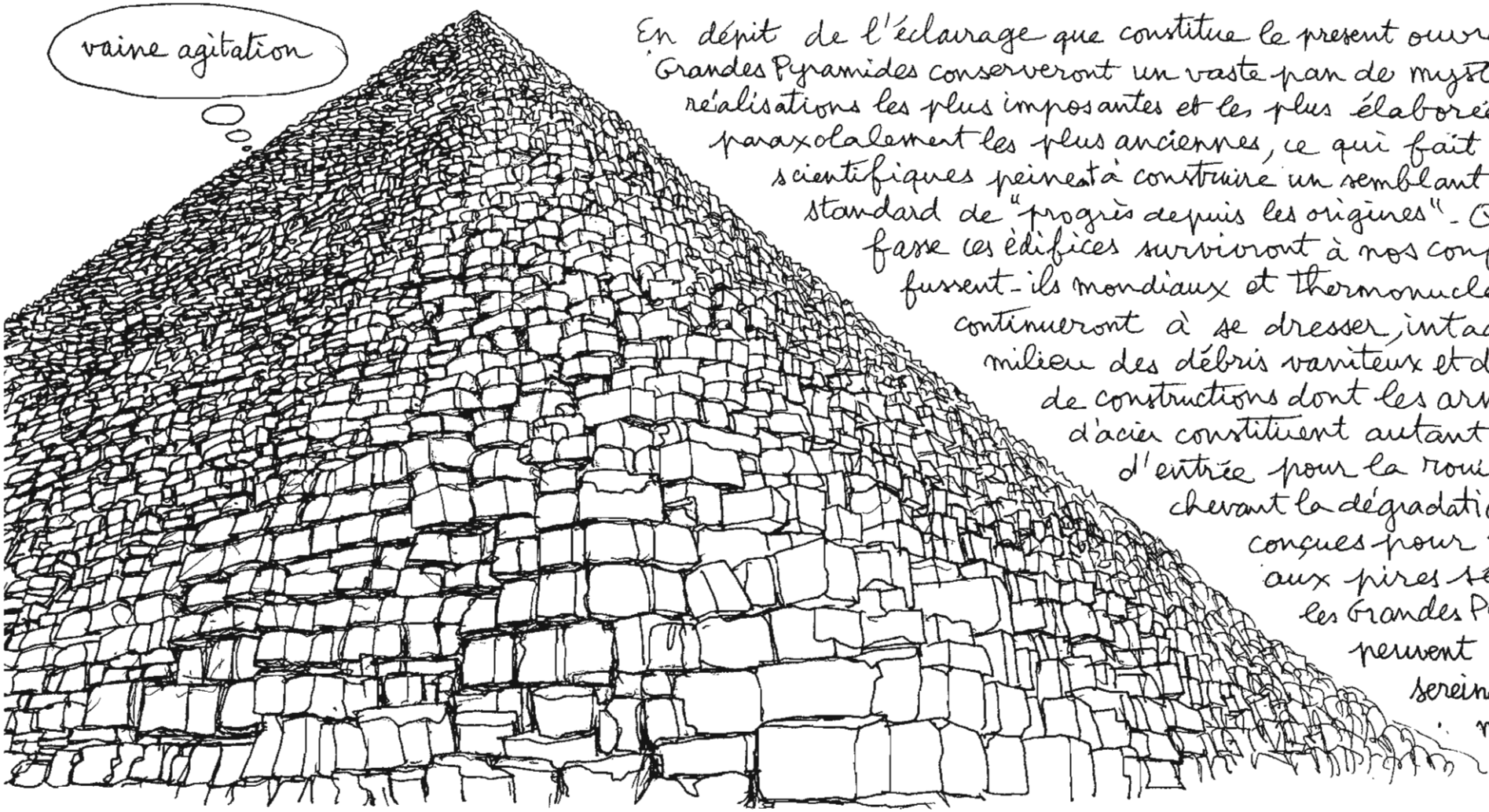
Des historiens de l'antiquité ont attesté de ce mode de chargement - déchargement des vaisseaux égyptiens. Par ailleurs cette technique des coques cousues permettait le transport d'unités complètement démontées, du Nil vers la Mer Rouge, où on retrouva en plusieurs unités stockées dans des grottes (*), ainsi que le stockage. Un navire de 43 mètres de long fut retrouvé en 1954, en pièces détachées numérotées, dans une fosse près de la pyramide de Kheops (**). Ceci excluait l'assemblage par chevilles. Cette technique, qui alliait économie de bois, légèreté et résistance fut abandonnée quand les navires durent gérer le phénomène des marées, typique des contrées du Nord.



Par ailleurs phénomène qui impliquait l'**ÉCHOUAGE**.
l'accès aisé à d'importantes ressources en bois de formes variées permettait l'abandon de la **COQUE A REVÊTEMENT TRAVAILLANT** au profit d'un ensemble quille plus couples avec comme corrolaire la possibilité de ménager de larges **ÉCOUTILLES** assurant le chargement - déchargement de la cargaison

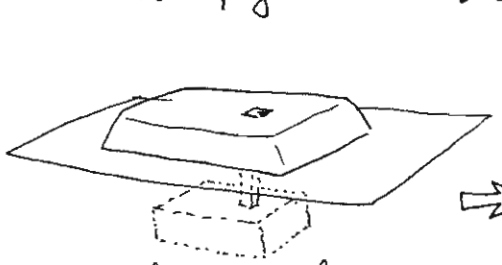
(*)

RAMPES ET MACHINES EN TOUS GENRES

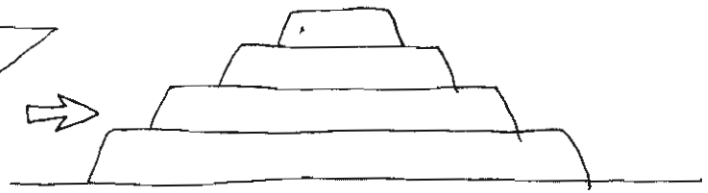


En dépit de l'éclairage que constitue le présent ouvrage, les Grandes Pyramides conserveront un vaste pan de mystère, les réalisations les plus imposantes et les plus élaborées étant paraxolalement les plus anciennes, ce qui fait que les scientifiques peinent à construire un semblant de schéma standard de "progrès depuis les origines". Quoi qu'on fasse ces édifices survivront à nos conflits futurs fussent-ils mondiaux et thermonucléaires, et continueront à se dresser, intacts, au milieu des débris vaniteux et dérisoires de constructions dont les armatures d'acier constituent autant de points d'entrée pour la rouille, parachevant la dégradation du béton. conçues pour résister aux pires séismes les Grandes Pyramides peuvent affronter sereinement les millénaires à venir

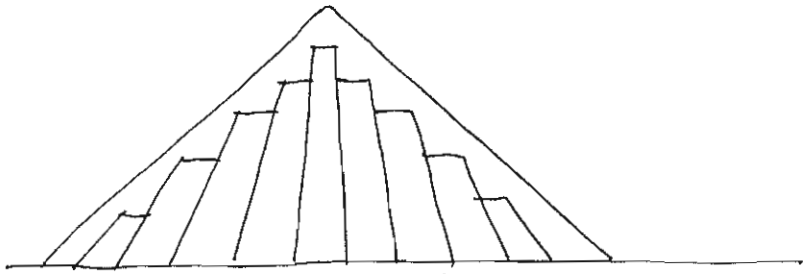
au plan de la structure interne on est face à deux courants d'idées. Si les pyramides sont l'extension des tombes que sont les **MASTABAS**, alors on peut les considérer comme des empilements de ceux-ci .. A l'opposé Borchardt, en 1930, envisagea une juxtaposition de couches de pierres appuyées les unes sur les autres. Mais cela représentait pour la pyramide de Kheops un total de deux millions et demi de blocs.



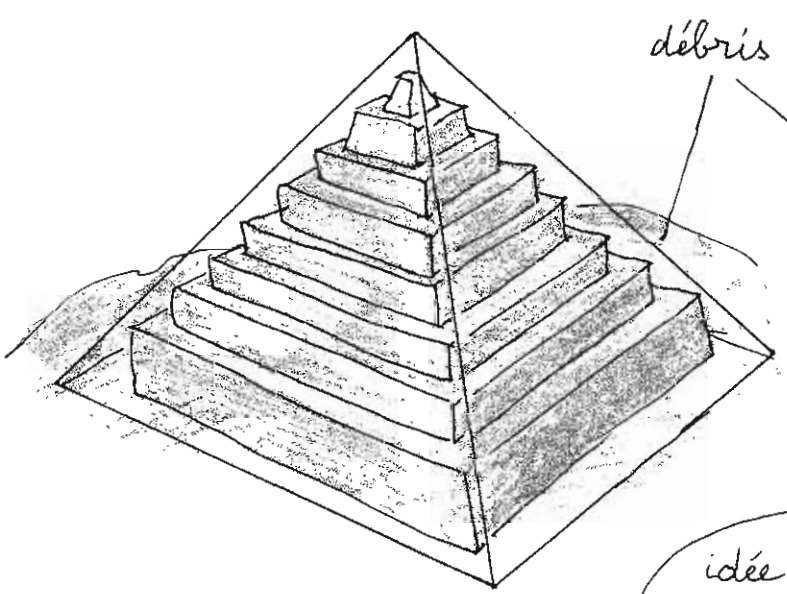
tombe - mastaba souterraine



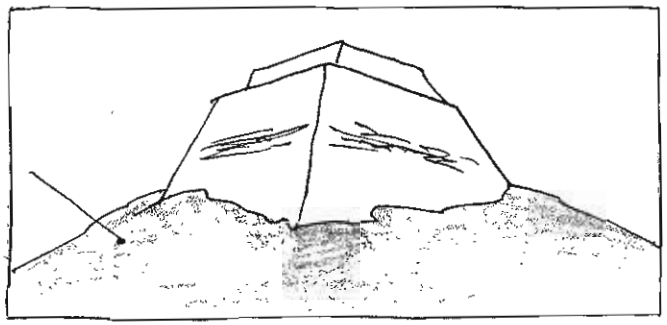
Sakkarah : interprétation classique

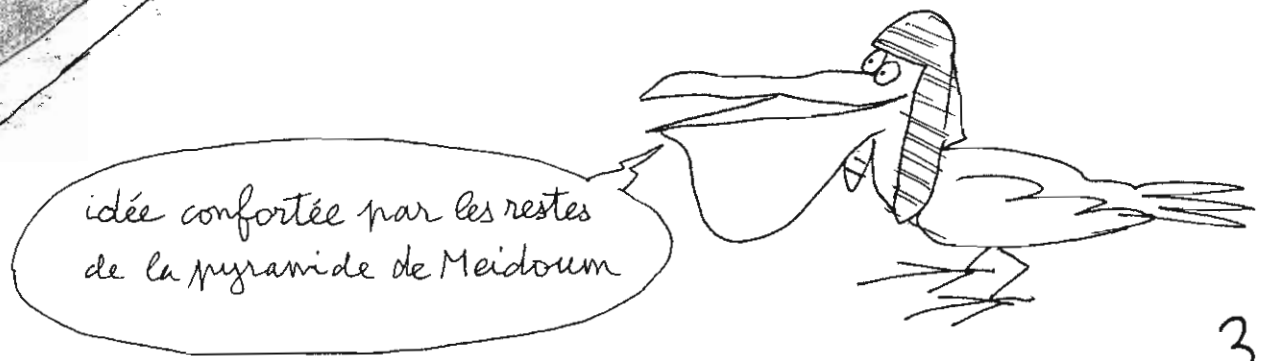


Modèle de Borchardt



débris





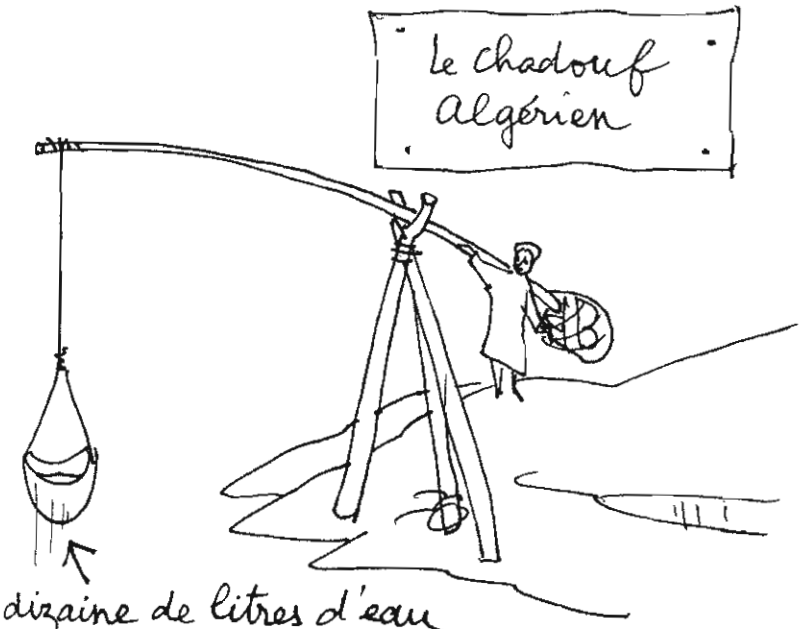
Face à la difficulté de reconstituer les techniques qui avaient permis de construire les pyramides on vit émerger des théories faisant appel à des aides extérieures

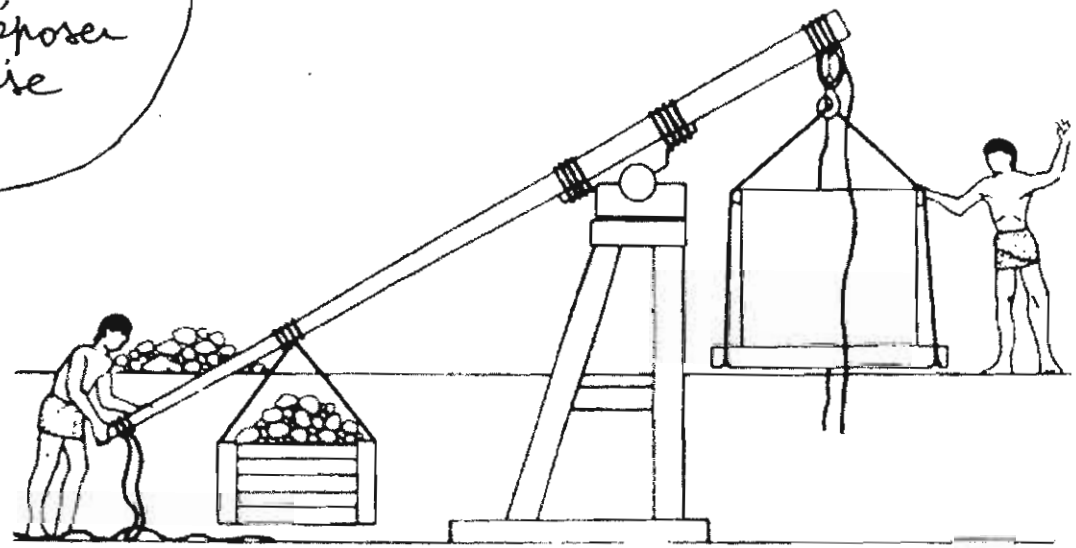
En France, depuis 1975 l'architecte **JEAN-PIERRE ADAM**, omni-présent sur toutes les scènes médiatiques, combat avec vigueur toute théorie qui n'émane pas du milieu égyptologique.

pour tenir des discours aussi incisifs il faut être en mesure d'opposer un modèle qui soit crédible. Or, c'est très loin d'être le cas...

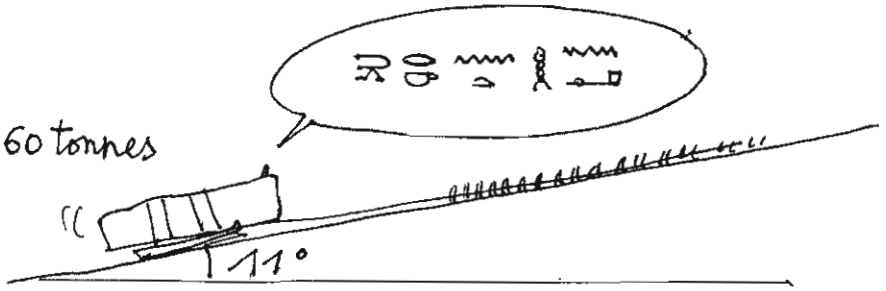
(*) Directeur du Bureau d'Architecture Antique de Paris, de 1972 à 2003
Auteur de l'ouvrage "L'Archéologie devant l'imposture. Ed. Laffont 1975

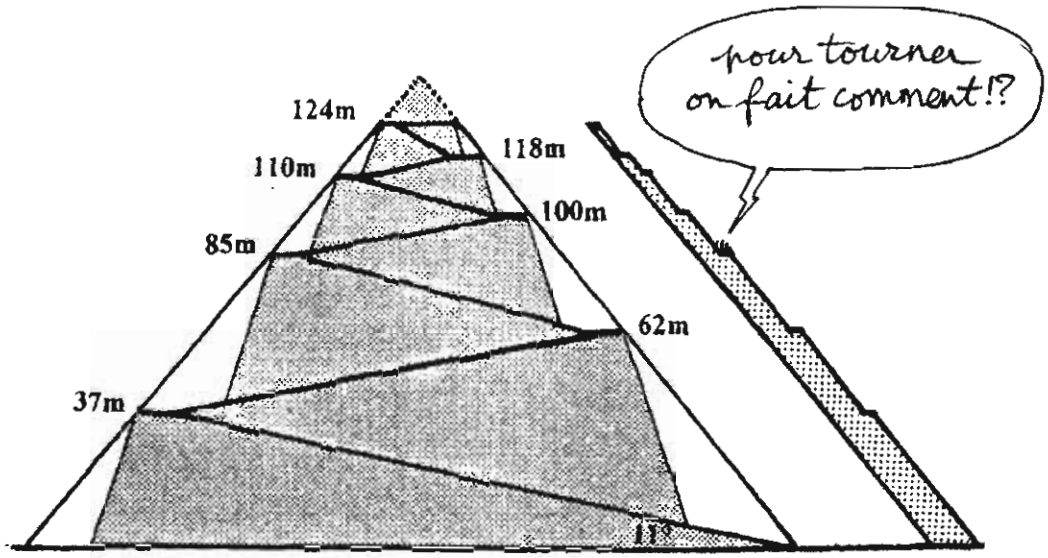
Il commence par adhérer au club des **MACHINISTES**, en proposant, pour élever les pierres, un système dérivé du **CHADOUF** oriental. Ce dessin, extrait de son livre (*), est physiquement absurde: le rapport des **BRAS DE LEVIER** étant de 1.6 pour soulever le "bloc standard" de 2500 kilos il faudrait que sa caisse contienne 2500/1.6 = 1562 kilos, ce qui n'est visiblement pas le cas.



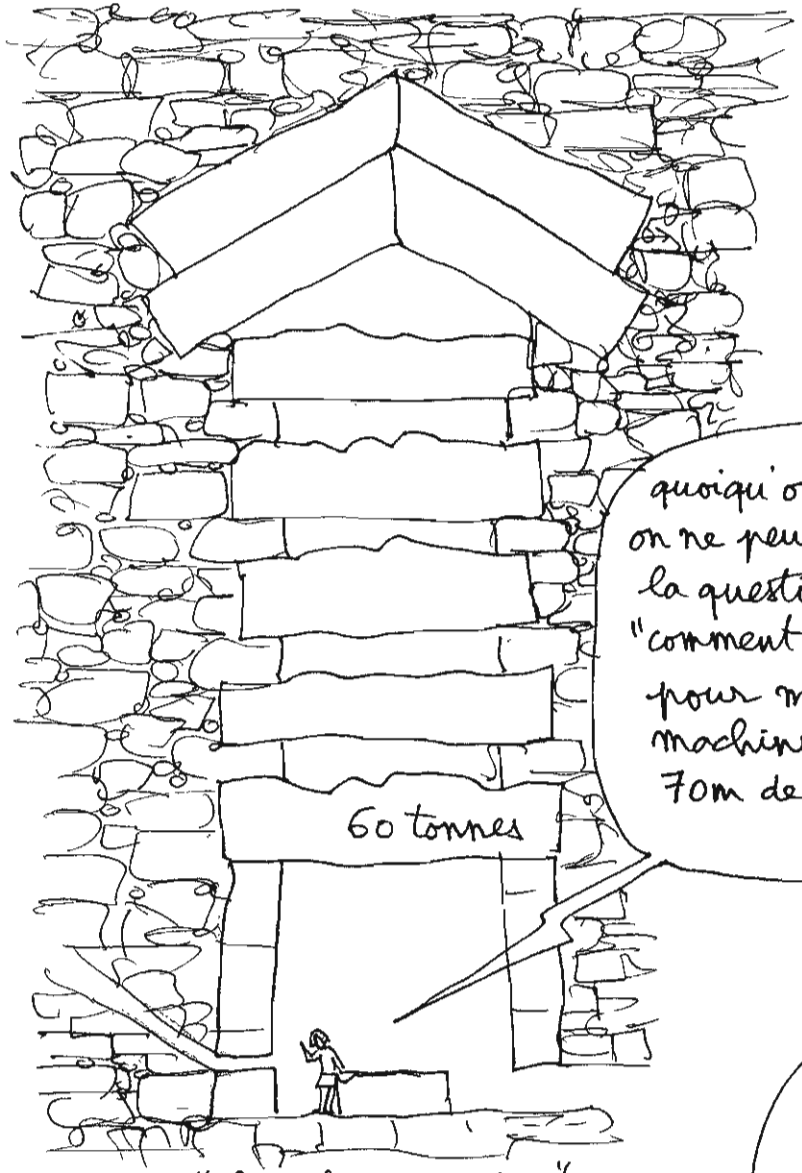


Tablant toujours sur son imagination et sur ce qu'il considère comme son **BON SENS**, Adam devient **RAMPISTE**. Il opte alors pour une **RAMPE ACCOLÉE**, sur une seul des faces, avec une **PENTE DE 11°**





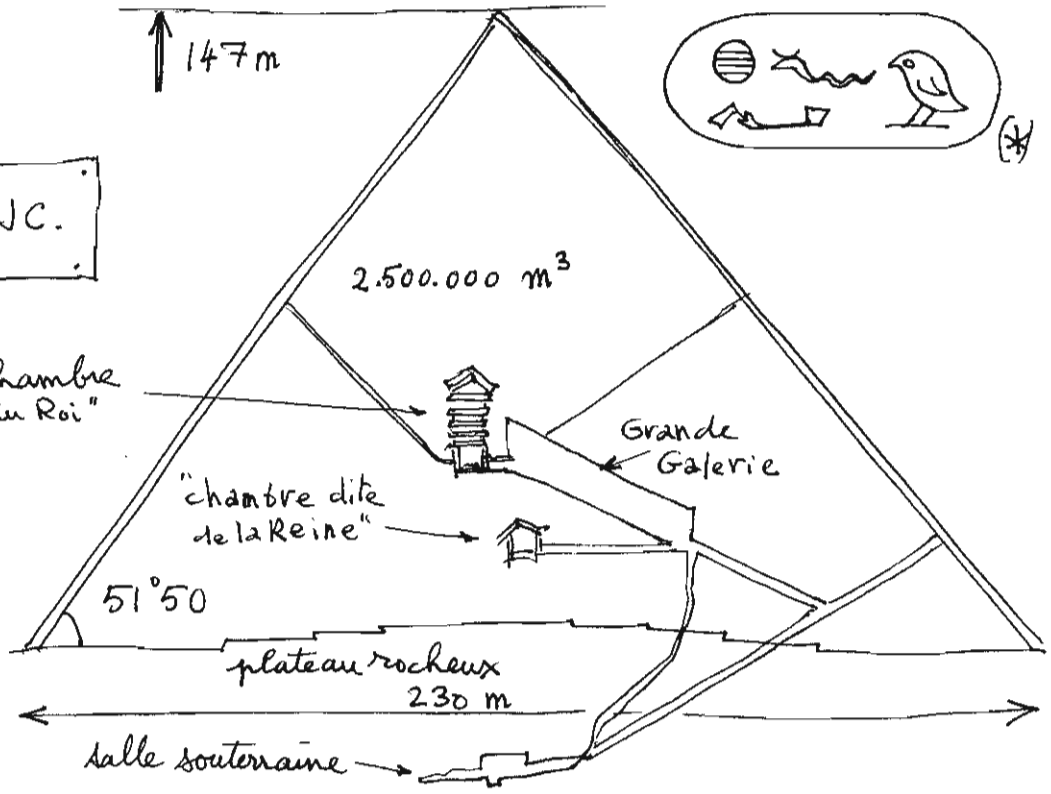
La rampe accolée , adoptée par JP Adam



"chambre du Roi"
pyramide de Kheops

2560 Av. JC.

quoiqu'on fasse on ne peut éluder la question : "comment faites-vous pour monter ces machins-là à 70m de hauteur ?

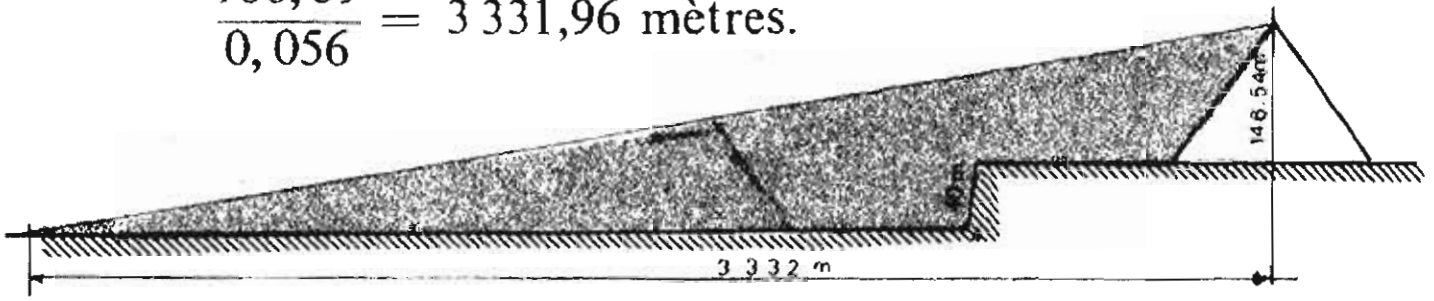


(*)

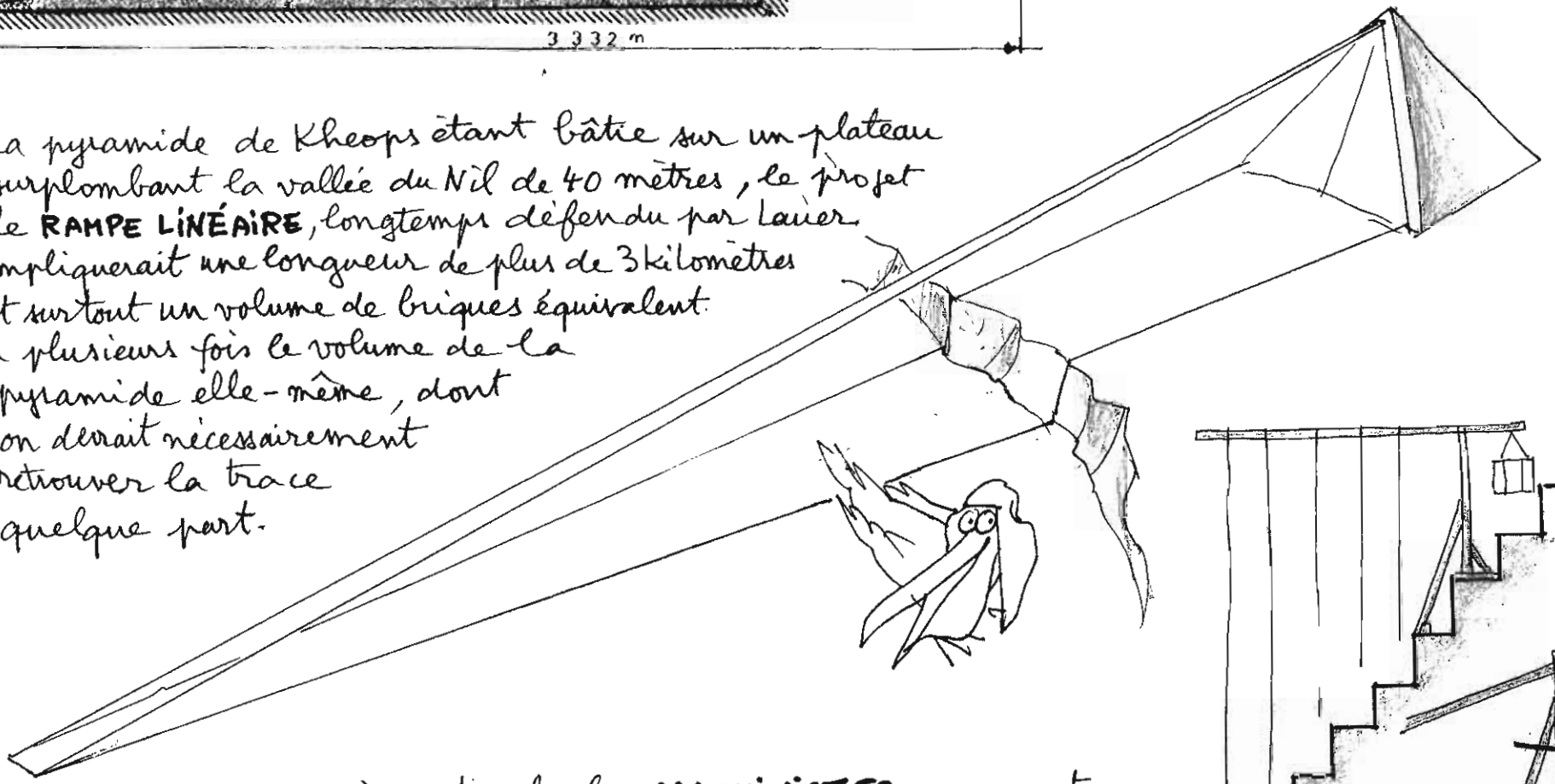
la première idée avait été une rampe linéaire en brique crue, armée de poutres de bois

(*) prononcer "Khoufou" (Khéops)

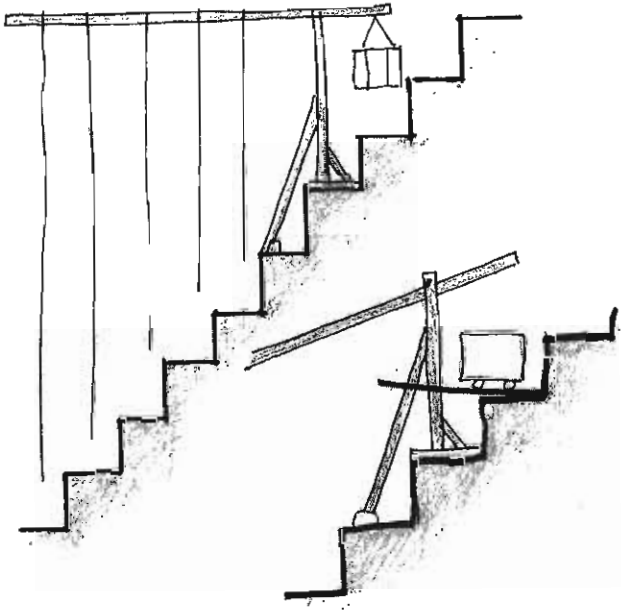
$$\frac{186,59}{0,056} = 3\,331,96 \text{ mètres.}$$

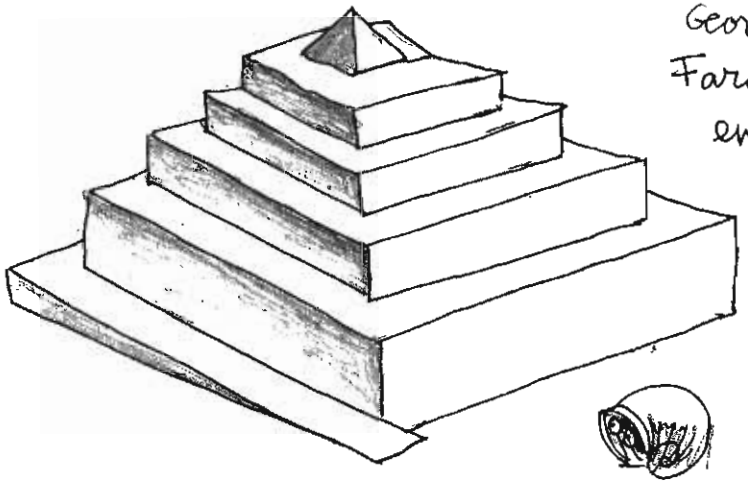


La pyramide de Kheops étant bâtie sur un plateau surplombant la vallée du Nil de 40 mètres, le projet de **RAMPE LINÉAIRE**, longtemps défendu par Lauer impliquerait une longueur de plus de 3 kilomètres et surtout un volume de briques équivalent à plusieurs fois le volume de la pyramide elle-même, dont on devrait nécessairement retrouver la trace quelque part.

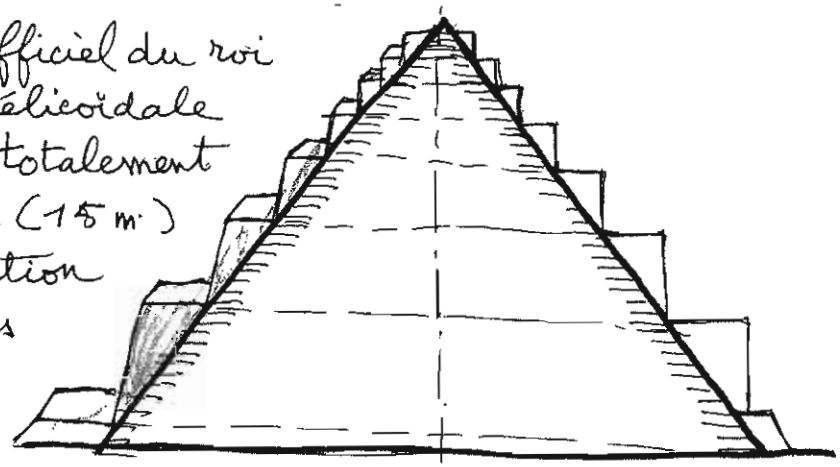


à part cela les **MACHINISTES** proposent de passer à un multi-chadouf dont la poutre travaille toujours en **FLEXION**



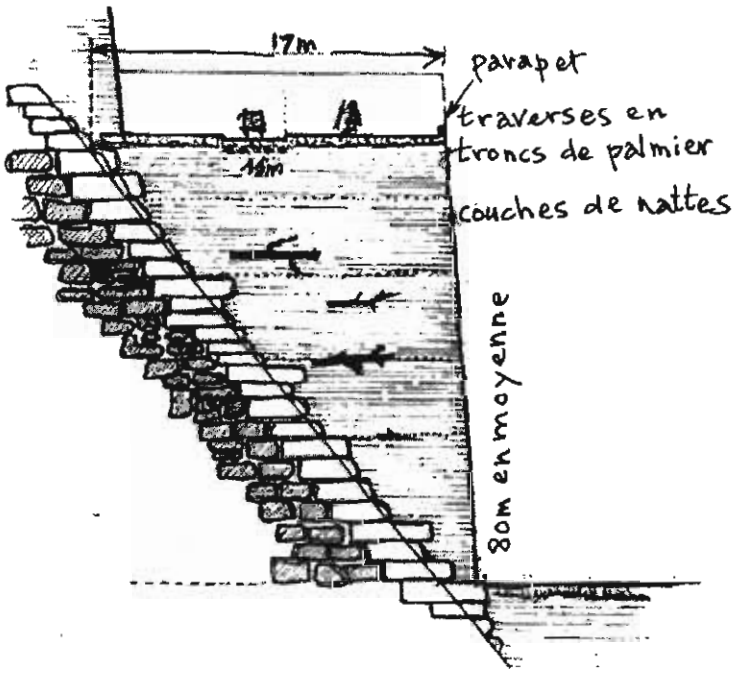


Georges Goyon, égyptologue officiel du roi Farouk, propose une rampe hélicoïdale en brique crue, enveloppant totalement la pyramide, assez large (15 m.) pour permettre l'évolution de deux cent hâleurs



Mais la tenue mécanique de cette rampe, accrochée à des bossages, est jugée problématique

autre inconvénient : on perd tout contact avec la surface de la pyramide

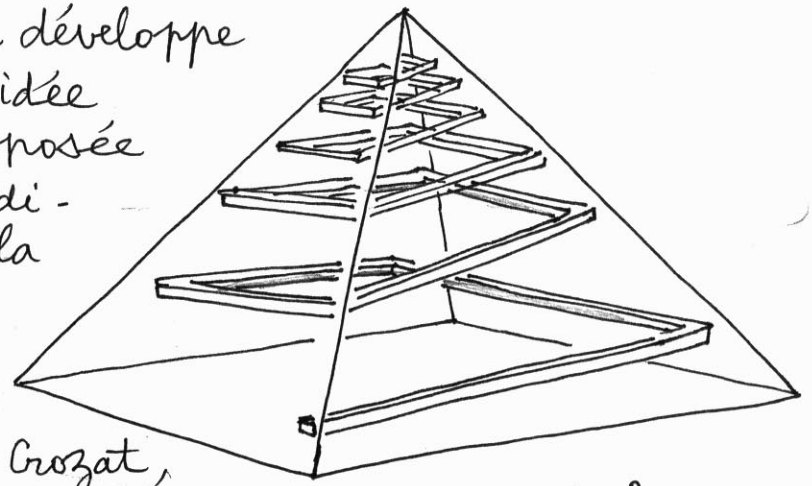


Georges Goyon, CNRS
1905 - 1996

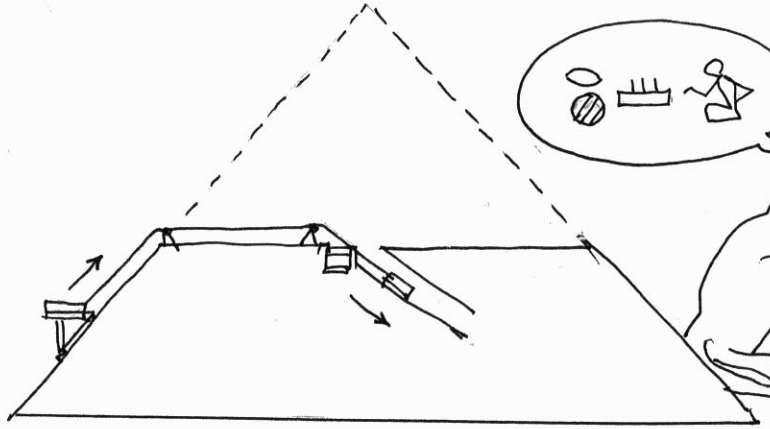
l'érection de la pyramide implique à tout instant un repérage continuel de ses composants, ce qui impose un accès à son axe, matérialisé par un fil à plomb déposé dans un puits central

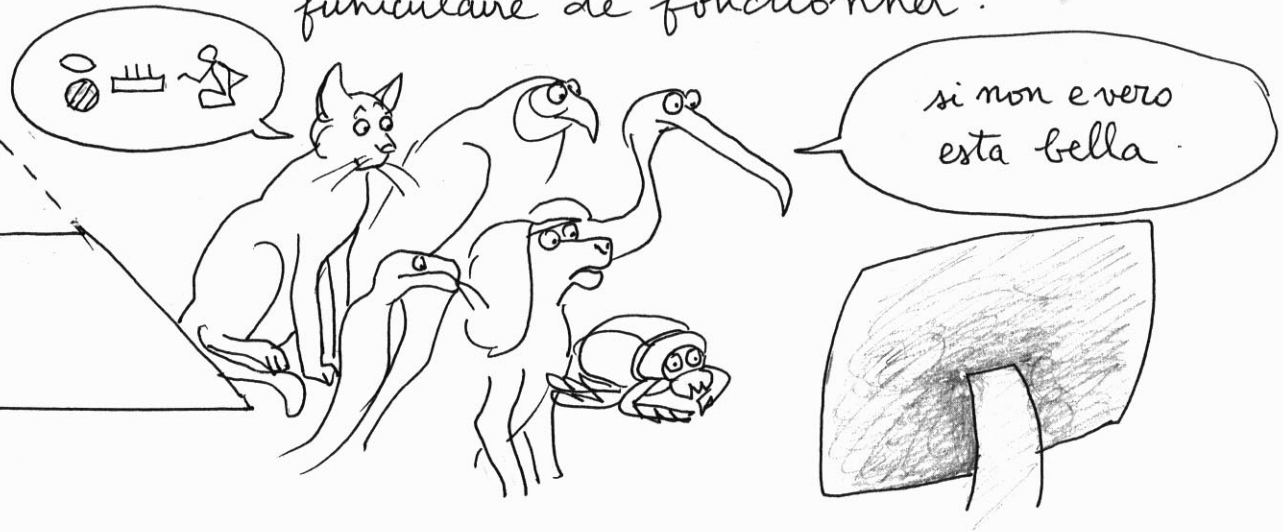
(*) le secret des bâtisseurs des Grandes Pyramides. Réédité en 1997. Editions Pygmalion

En 2006 l'architecte Jean Pierre Houdin développe à grand renfort d'images de synthèse l'idée d'une rampe interne, initialement proposée par l'ingénieur italien Elio Domedi.

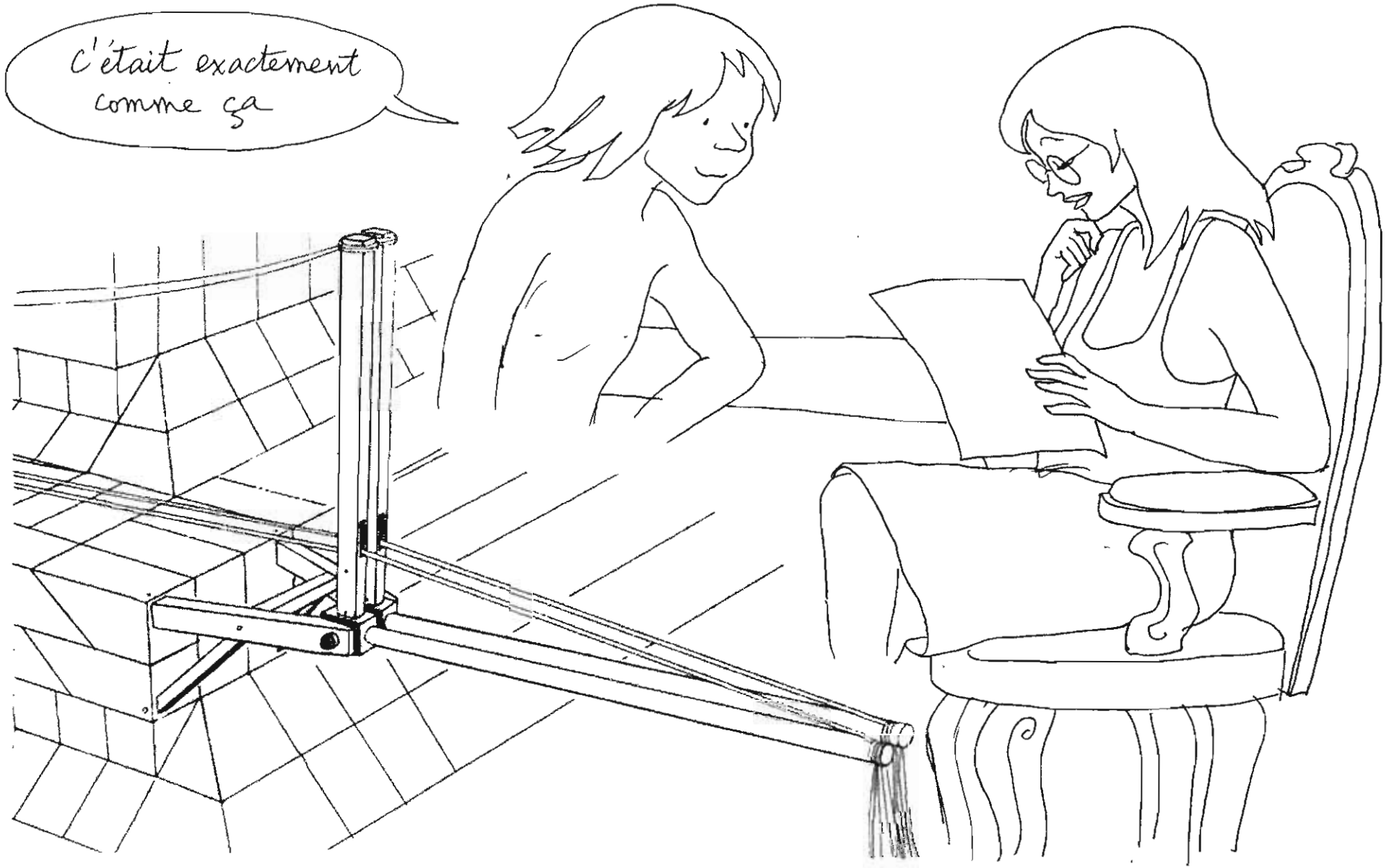


Pour assurer la montée des gros blocs, reprenant l'idée de Pierre Crozat, Houdin utilise un contrepoids glissant le long de la Grande Galerie, dont l'inclinaison est de cinquante degrès. Ainsi un chariot élevateur, aidé par un contrepoids se déplaçant en contrebas aurait permis à cet ancêtre du funiculaire de fonctionner.





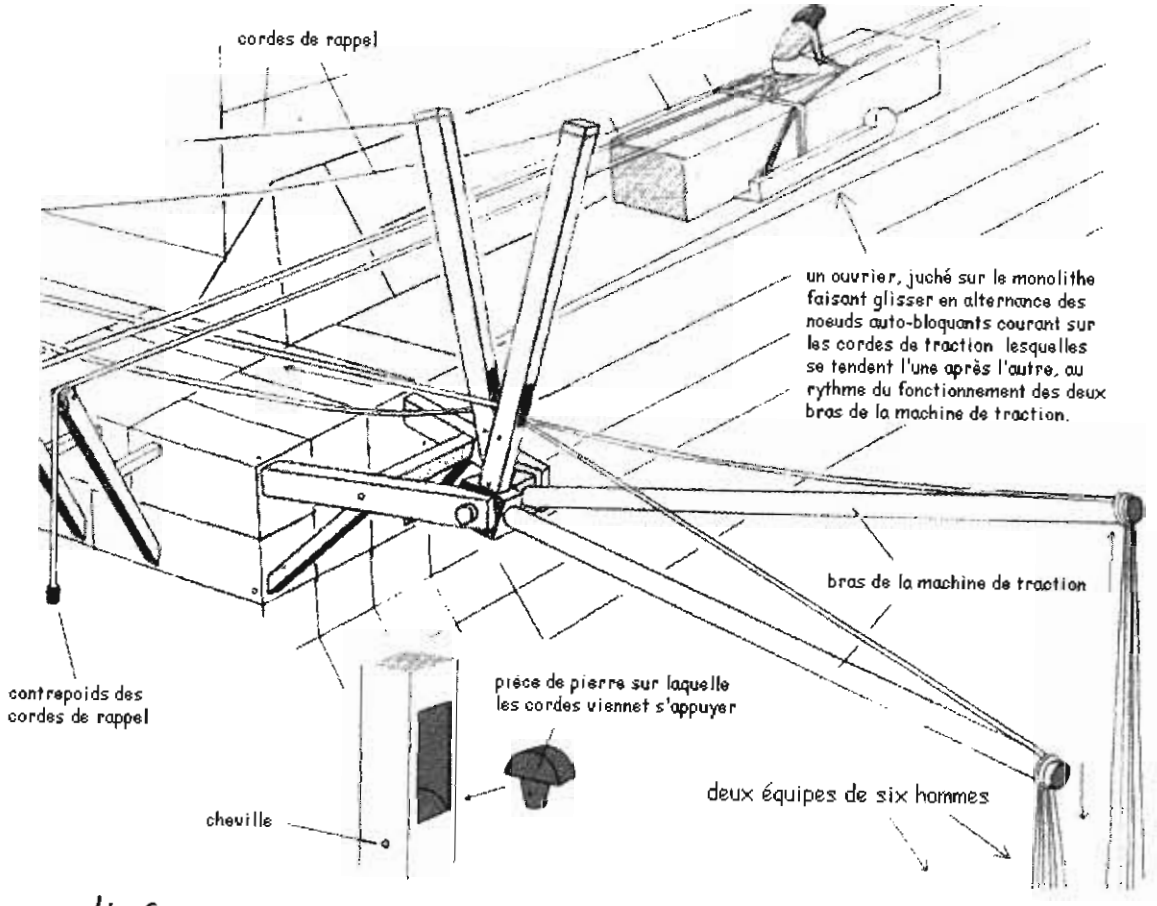
LA VISION D'ANSELME(*)



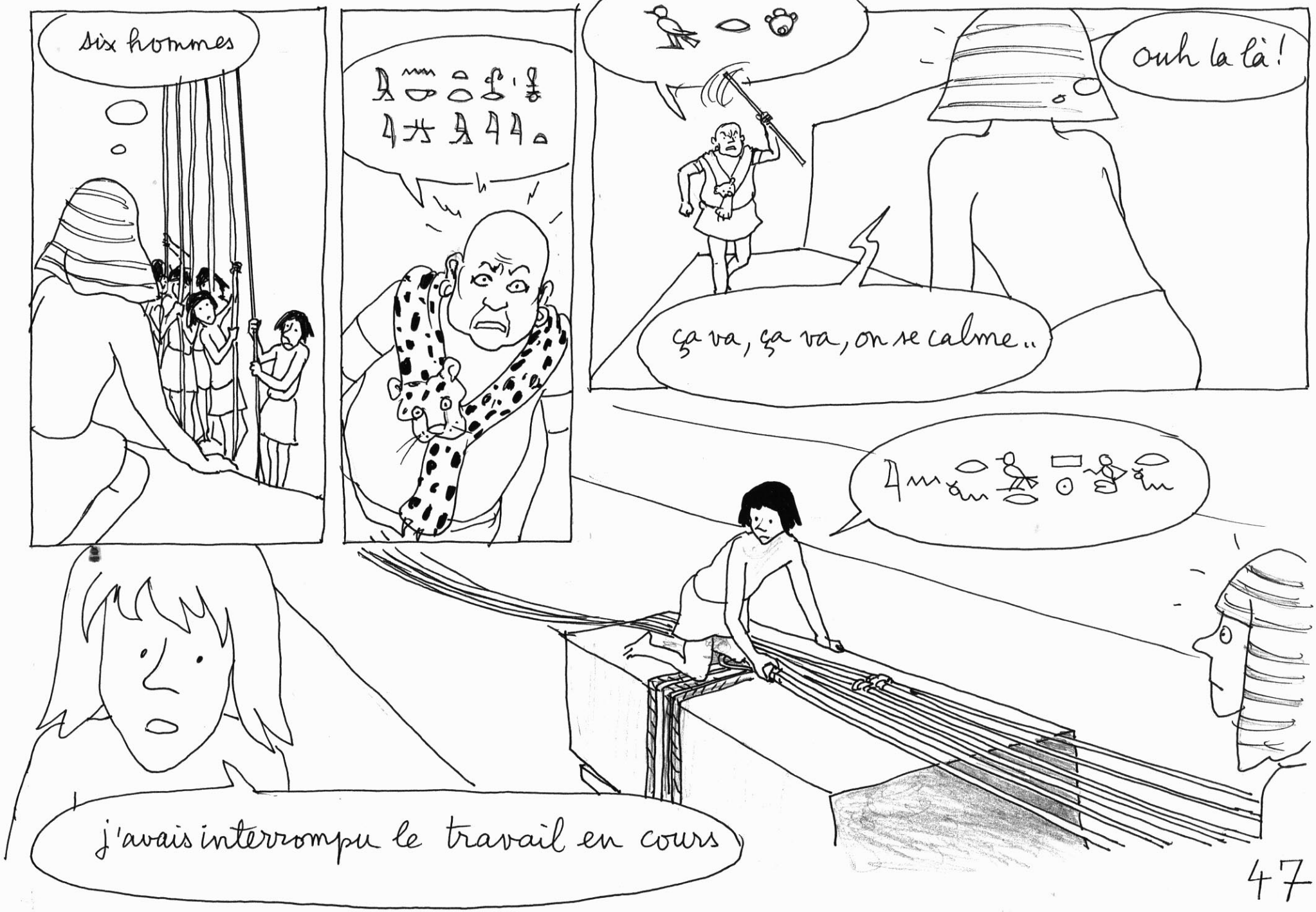
(*) Pour voir ce qu'Anselme a vu dans son rêve http://www.jp-petit.org/VIDEOS/pyramide_montage.mov

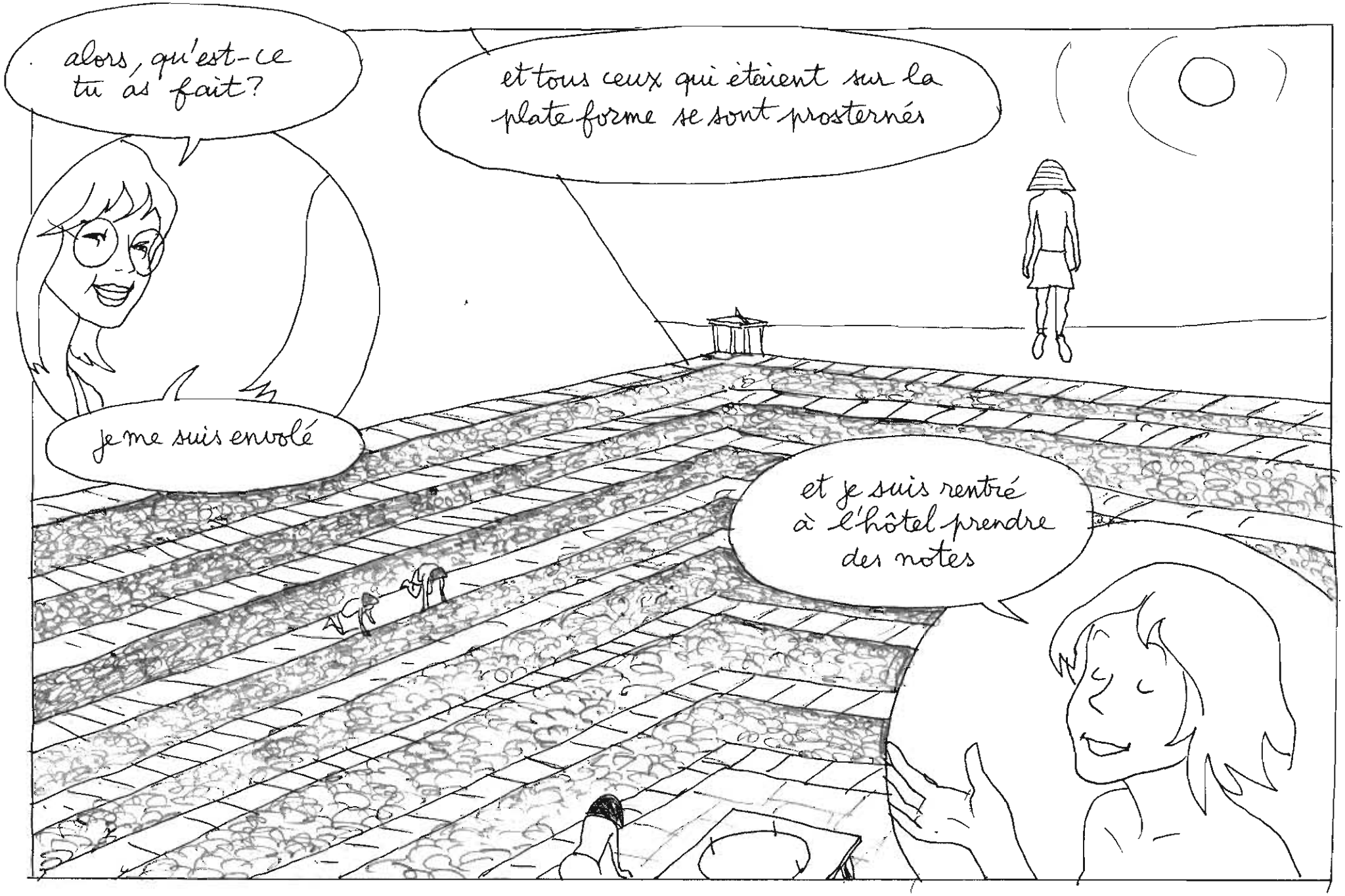
je voyais les deux bras monter et descendre

et qu'est-ce qui les faisait bouger ?



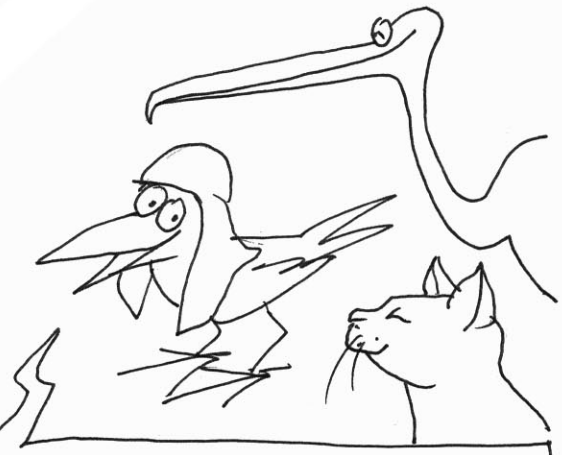
je suis monté sur la rampe pour aller voir et c'est là que j'ai eu des ennuis avec le type au crâne rasé, portant une peau de panthère


six hommes
ça va, ça va, on se calme..
ouh la là!
j'avais interrompu le travail en cours

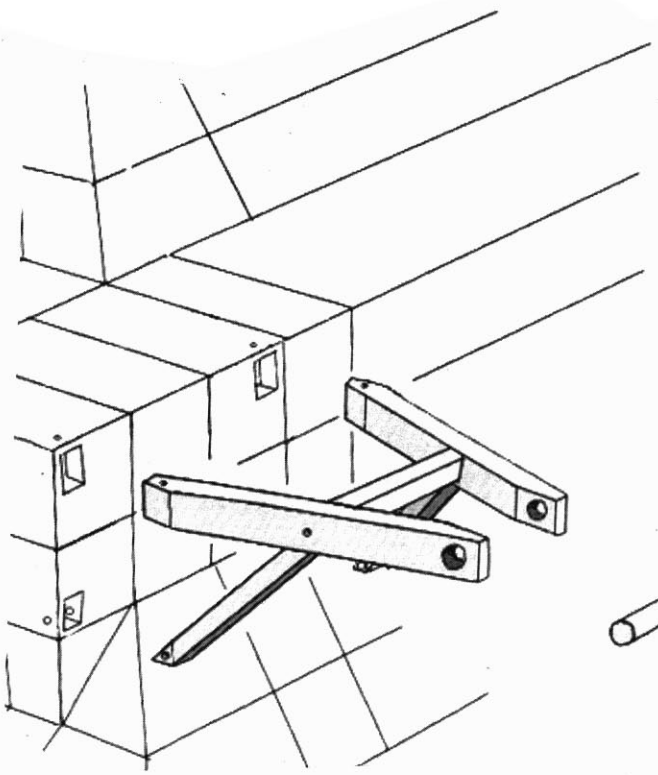

alors, qu'est-ce tu as fait?
et tous ceux qui étaient sur la plate-forme se sont prosternés
je me suis envolé
et je suis rentré à l'hôtel prendre des notes

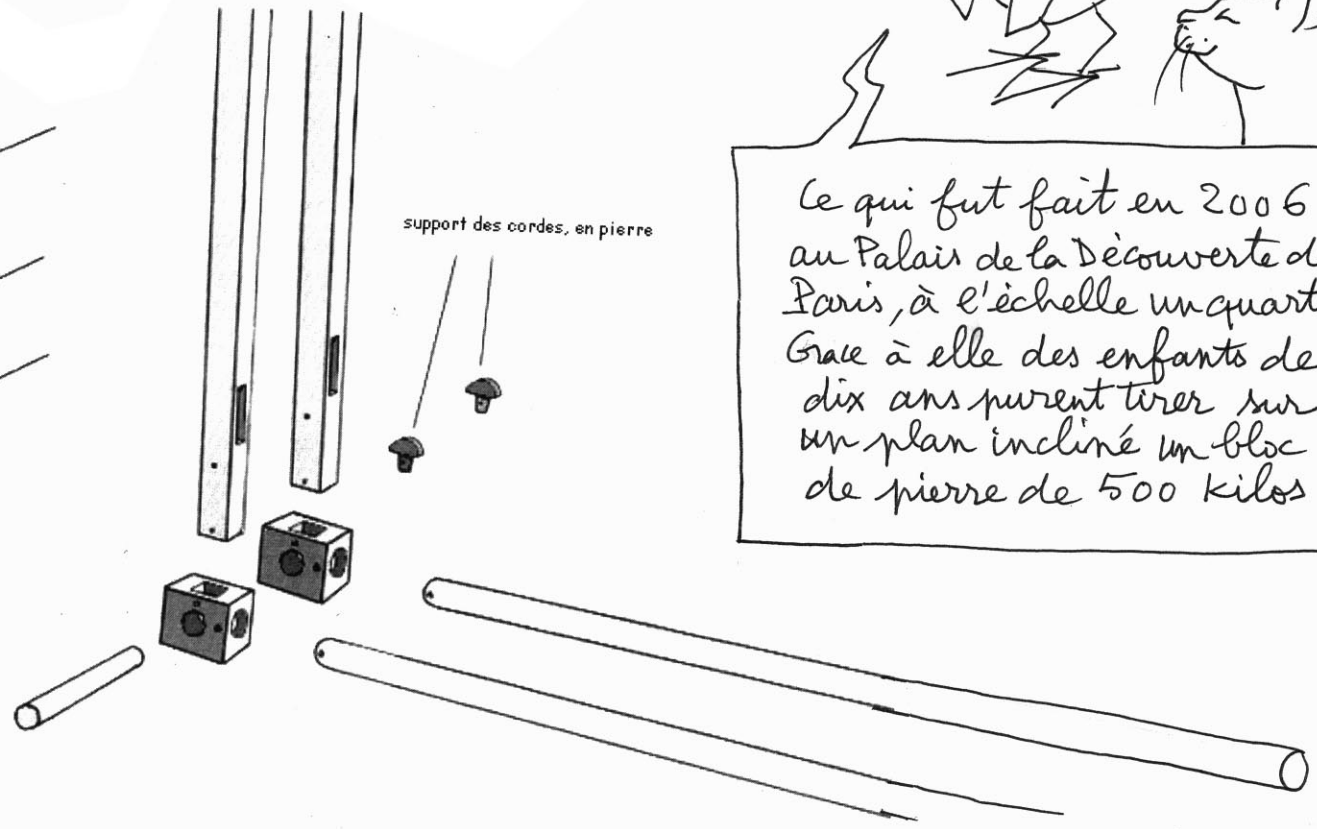
et cette machine, tu saurais la décrire complètement ?

et même la reconstruire !



Ce qui fut fait en 2006 au Palais de la Découverte de Paris, à l'échelle un quart. Grâce à elle des enfants de dix ans purent tirer sur un plan incliné un bloc de pierre de 500 kilos





Dans ta machine, ce montage amplifie beaucoup la force de traction mais par voie de conséquence quand les barres s'abaissent le mouvement de la charge n'excède pas vingt centimètres. Il faut à chaque fois tout remettre en place pour bénéficier d'une nouvelle traction, non ?

c'est une application moderne du levier (*)

comme le casse-noix...

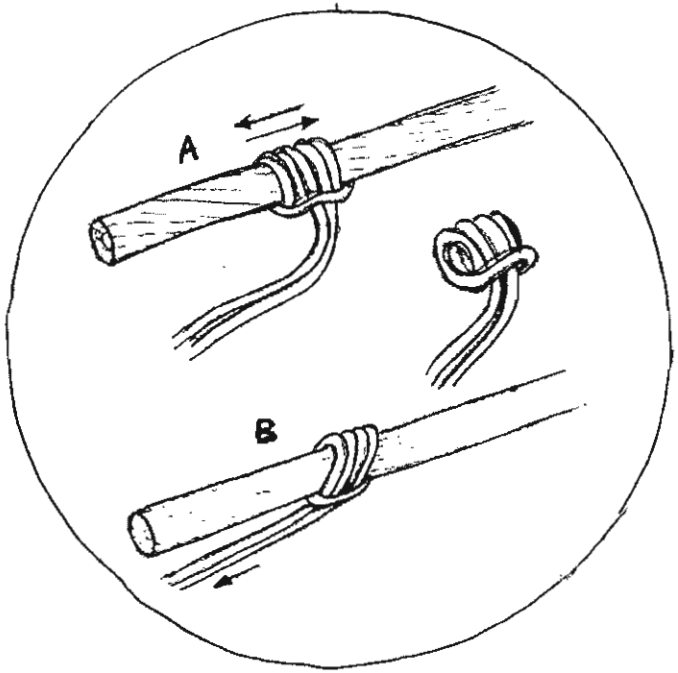
tu oublies qu'il y a **DEUX** machines qui travaillent en alternance

une application moderne des noeuds

un gosse, juché sur le bloc, déplace un ensemble de noeuds auto-bloquants

encore vous !

(*) Authentique



vous pouvez essayer avec un balai et une ficelle. ça marche très bien

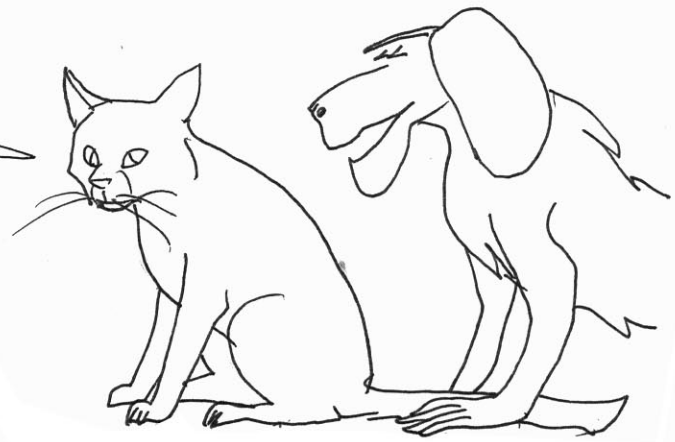
le bloc montait assez vite, sans un temps d'arrêt

certes, mais comment ça se passe quand on arrive à l'angle ?

pas de problème

la rampe de Goyon était en brique crue. Celle-ci est en pierre

quand le bloc arrive à l'angle il se positionne sur une plateforme horizontale en pierre, rendue glissante par du limon humide. On peut alors le faire riper sur ce support



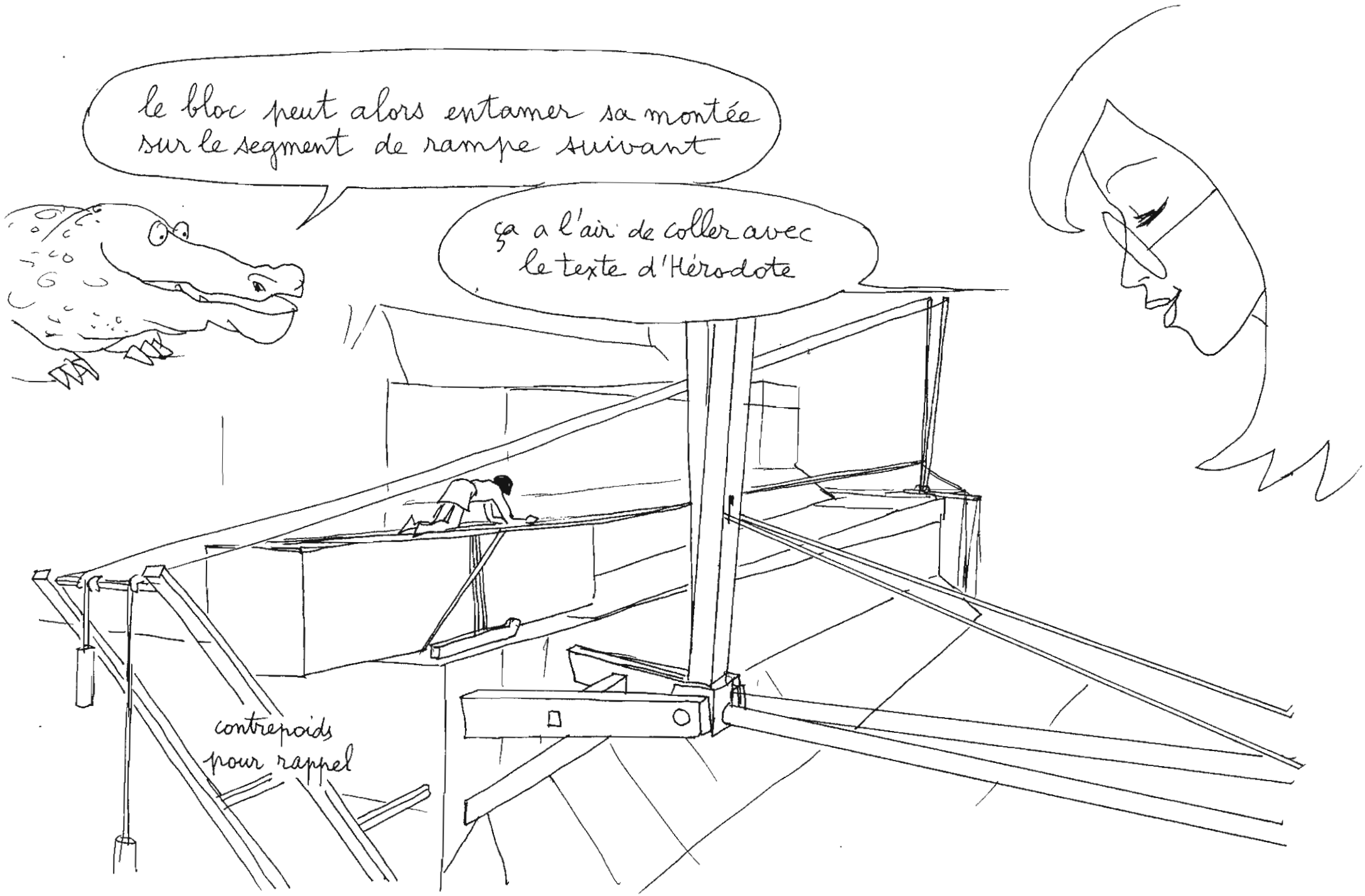
assises d'angle en pierre

piste de montée en brique crue et troncs de palmier

brique crue

pierre

pierre


le bloc peut alors entamer sa montée sur le segment de rampe suivant
ça a l'air de coller avec le texte d'Hérodote
contrepoids pour rappel

Hérodote, historien grec vivant au cinquième siècle avant Jésus Christ recueille de la bouche des prêtres égyptiens comment les pyramides avaient été bâtie et en fait le récit suivant.

Ἐποιήθη δὲ ὧδε αὕτη ἡ πυραμίς· ἀναβαθμῶν τρόπον, τὰς μετεξέτεροι κρόσσας, οἱ δὲ βωμίδας ὀνομάζουσι· τοιαύτην τὸ πρῶτον ἐποίησαν αὐτήν, ἤειρον τοὺς ἐπιλοίπους λίθους μηχανῇσι ξύλων βραχέων πεποιημένῃσι, χαμᾶθεν μὲν ἐπὶ τὸν πρῶτον στοῖχον τῶν ἀναβαθμῶν ἀείροντες· ὅκως δὲ ἀνίοι ὁ λίθος ἐπ' αὐτόν, ἐς ἑτέρην μηχανὴν ἐτίθετο ἑστεῶσαν ἐπὶ τοῦ πρώτου στοίχου, ἀπὸ τούτου δὲ ἐπὶ τὸν δεύτερον εἵλκετο στοῖχον ἐπ' ἄλλης μηχανῆς. Ὅσοι γὰρ δὴ στοῖχοι ἦσαν τῶν ἀναβαθμῶν, τοσαῦται καὶ μηχαναὶ ἦσαν, εἴτε καὶ τὴν αὐτὴν μηχανὴν ἐοῦσαν μίαν τε καὶ εὐβάστακτον μετεφόρεον ἐπὶ στοῖχον ἕκαστον, ὅκως τὸν λίθον ἐξέλοιεν· λελέχθω γὰρ ἡμῖν ἐπ' ἀμφότερα, κατά περ λέγεται.' Ἐξεποιήθη δ' ὧν τὰ ἀνώτατα αὐτῆς πρῶτα, μετὰ δὲ τὰ ἐχόμενα τούτων ἐξεποίευν, τελευταῖα δὲ αὐτῆς τὰ ἐπίγαια καὶ τὰ κατωτάτω ἐξεποίησαν.

Ces pyramides furent construites à l'aide de degrés (ἀναβαθμῶν). certains étant des corbeaux (κροσσας) et d'autres des plate formes (βωμιδας) Quand on eut commencé à construire de cette manière, on éleva de terre les autres pierres (λιθους) à l'aide de machines (μηχανῆσι) faites de (βραχέων) bois (ξυλων) et on les monta sur le premier rang d'assises. Quand une pierre y était parvenue on la mettait sur une autre machine qui était sur cette premiere assise. De la on la montait par une autre machine. Car il y avait autant d'assises que de machines - Peut être n'avaient - ils qu'une seule machine, facile à transporter d'une assise à l'autre

Le système d'Anselme combine machine plus rampe, à la différence que celle-ci est en pierre. Les krossaï (κροσσαῖς) sont des pierres qui dépassent de la surface de la pyramide, ce que les architectes appellent **CORBEAUX** Ainsi toute la charge de la rampe repose sur ces parties horizontales

Les bomides (βομίδαις) sont ces plateformes d'angle sur lesquelles il est possible de faire tourner les plus lourdes charges ; comme le rapporte Hérodote les pierres sont alors reprises en charge par une autre machine, etc. Anselme et Sophie ont beaucoup travaillé avec du carton et de la colle pour établir la cohérence de ce qu'Anselme a vu dans son rêve. Vous trouverez tout cela dans l'annexe A. Si vous le voulez, vous pourrez alors construire vous même, en carton ou en bois, la maquette correspondant à ce modèle. Le fait que cette rampe (étroite) soit en pierre fait qu'elle peut supporter des charges atteignant des dizaines de tonnes.

Cette rampe est assez large pour faire que les équipes descendantes puissent croiser les chariots montants, porteurs de blocs. Les travaux de finition de la pyramide laissent très peu de déchets non récupérables (les blocs triangulaires). Le reste peut être récupéré pour construire... d'autres pyramides en constituant leurs rampes externes. C'est ainsi que Snefrou, père de Khéops, construisit ses trois pyramides sur le site de Dashour. Puis son fils Khéops, son petit fils Kepliren et son arrière petit fils Mykerinos construisirent les leurs.

elle est fantastique, cette Grande Galerie, tu as vu tous ces décrochements

encore une mesure anti-sismique

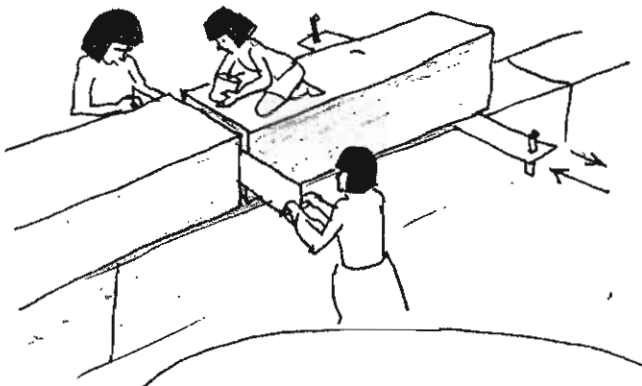
les Anciens Egyptiens étaient parfaitement capables de faire des voutes. Ils en ont construit de nombreuses, mais dans des ensembles qui n'étaient pas faits pour durer: des magasins, comme celui du Ramasseum, à Thèbes

il se trouve que celui-la a échappé aux séismes. Sinon il se serait immédiatement écroulé

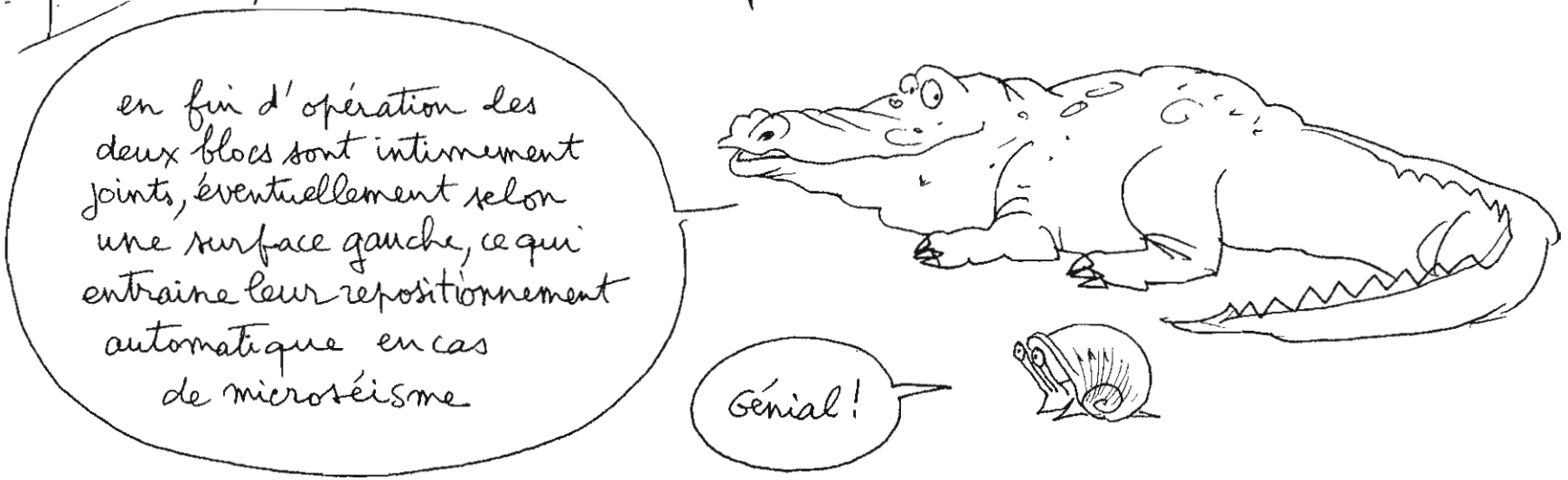
je repense aux pierres de cette Grande Galerie. On ne pourrait même pas passer une lame de rasoir dans leurs joints

il y a une première façon d'expliquer cela(*)

(*) J.P. PETIT 2004

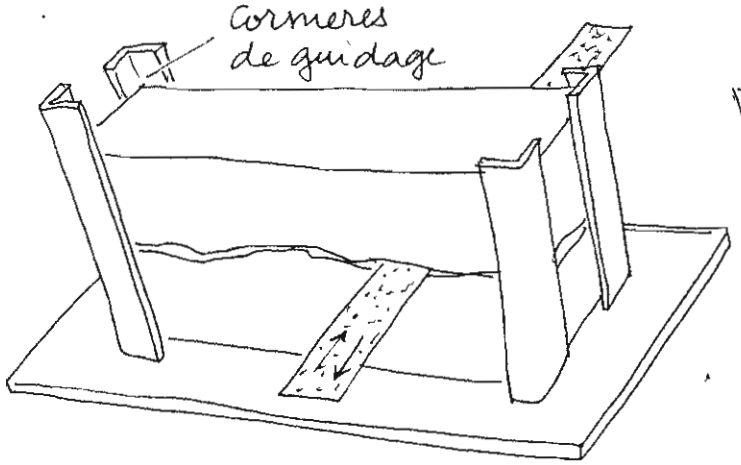


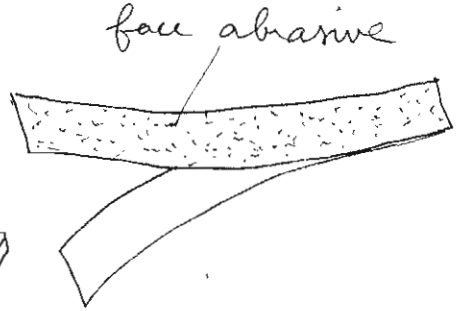
En 2004 Jean-Pierre Petit suggéra que les ouvriers aient pu traiter in situ les joints en abrasant les faces en regard à l'aidé d'une lame de cuivre entrainant de la poussière de quartz (*). Pour les joints verticaux cette poudre est à mélanger avec du limon afin d'obtenir une pâte abrasive -



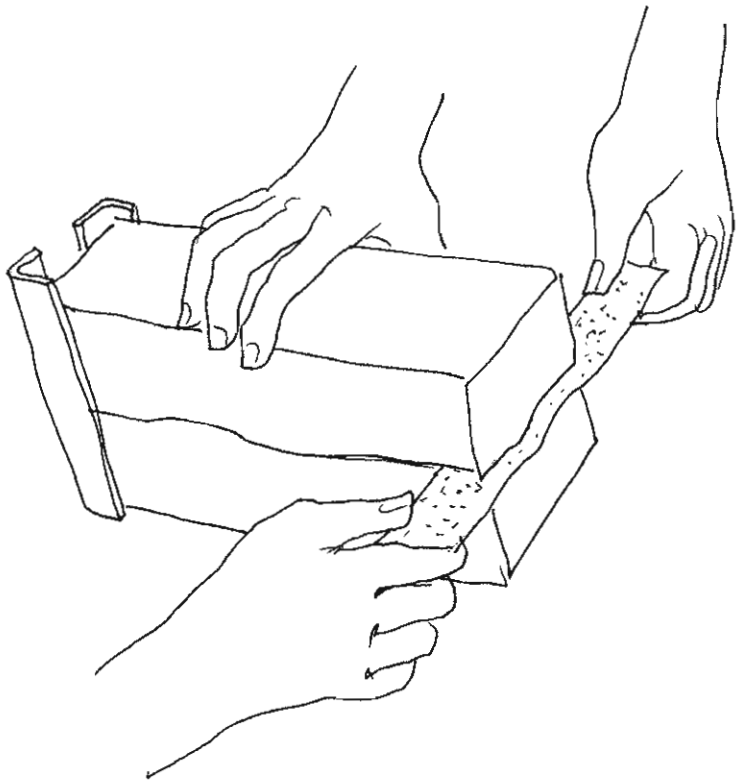
Vous pouvez illustrer ce concept en prenant deux blocs de balsa Commencer d'abord par détruire la planéité de deux de leurs faces en les attaquant avec un instrument quelconque - Puis abraser ces faces en regard avec un "papier de verre double face" que vous fabriquerez en contre collant deux bandes

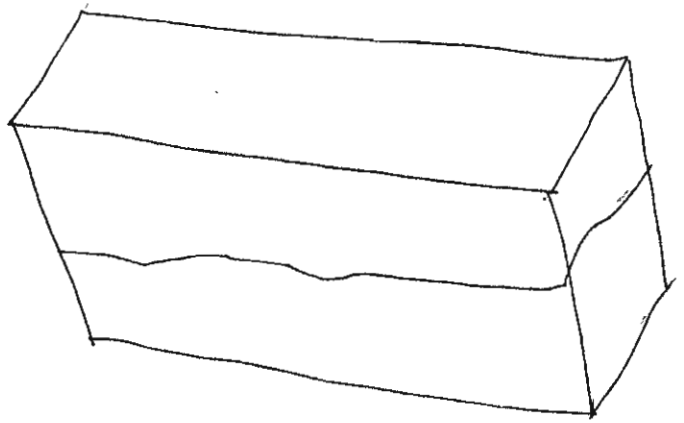
(*) du corydon, très abondant à Assouan





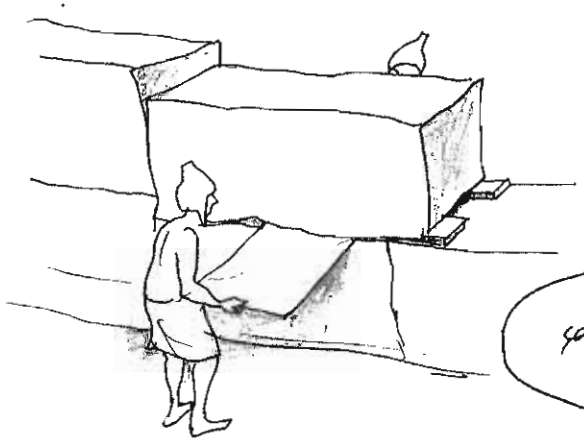
deux rubans de papier de verre contre-collés

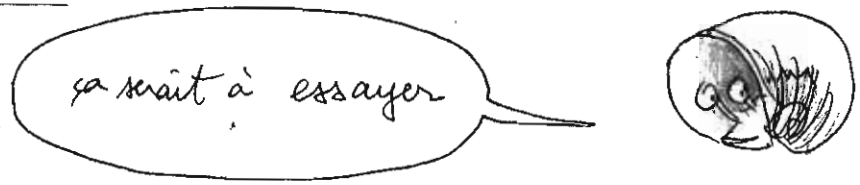




Résultat : les deux blocs sont dotés de deux surfaces gauches, mais parallèles

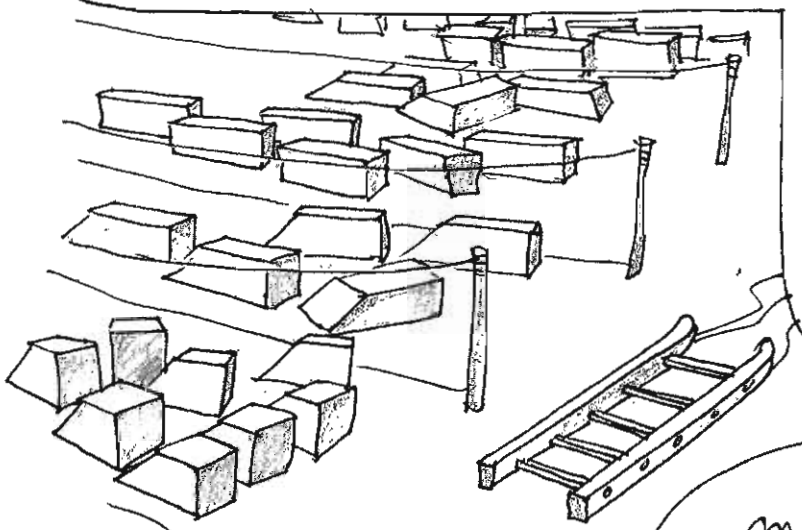
En Amérique du Sud J.P. Petit suggère (2004) l'abrasion de deux faces en regard à l'aide d'une couverture de laine gorgée de poussière abrasive (ces gens ne connaissent pas le métal mais fabriquent eux aussi des.... pyramides).





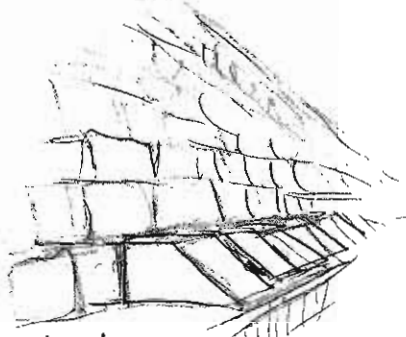
pendant que ces deux machines travaillaient en alternance et faisaient monter un chariot de bois dont les skis glissaient sur de l'argile humide, j'ai remarqué que les rampes étaient constituées en couches
mais, dans ces systèmes de rampes on se heurte toujours au même problème: Comment les accrocher sur un système d'assises en pierre, sous-jacente, dont la pente peut atteindre 52 degrés !?
cette rampe-là était en PIERRE !
fort bien. Mais où sont les centaines de milliers de mètres cubes de pierre constituant celle-ci, qui subsisteraient après démontage de cet ÉCHAFAUDAGE DE PIERRE?

sur le plateau je voyais une énorme quantité de pierres, rangées par types. Certaines, taillées avec soin, étaient en calcaire fin. D'autres étaient faites de calcaire plus grossier, dont seules les faces horizontales étaient planes. Il y avait enfin une masse de débris de taille que des ouvriers chargeaient dans des sacs

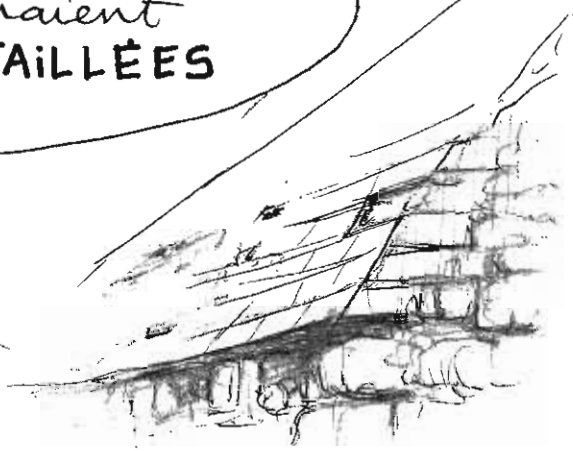


voyons le côté archéologique. on retrouve nombre de ces pierres sur le site. Ce que tu dis suggère que les pierres du revêtement seraient amenées sur les assises **DÉJA TAILLÉES**

revêtement de la pyramide d'Ounas - Sakkarah

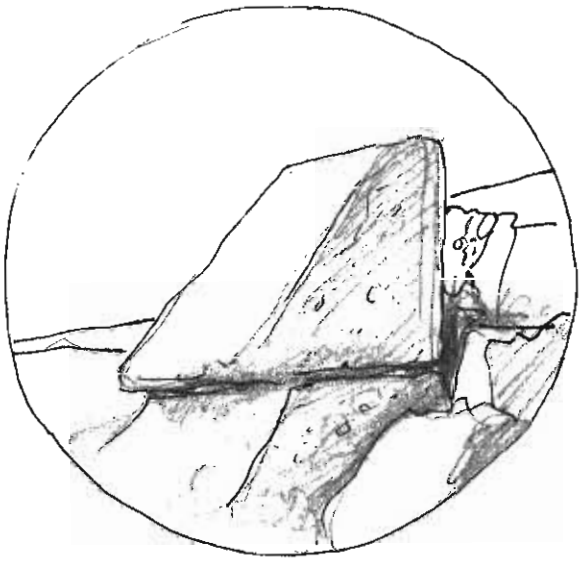


Kheops, la base



revêtement de la pyramide rhomboïdale

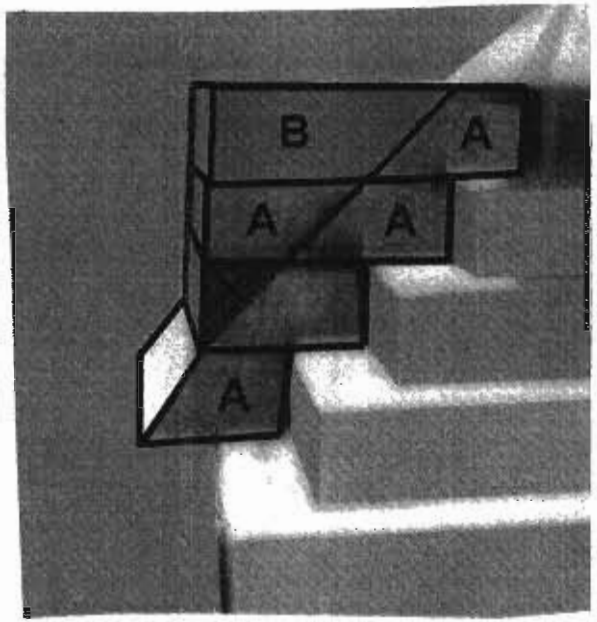
sur le site de Giseh on trouve en abondance des pierres triangulaires

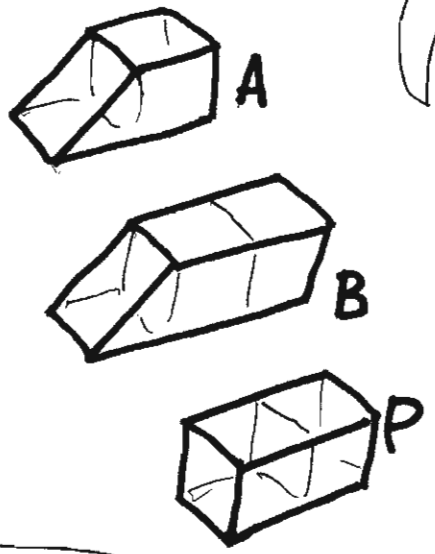


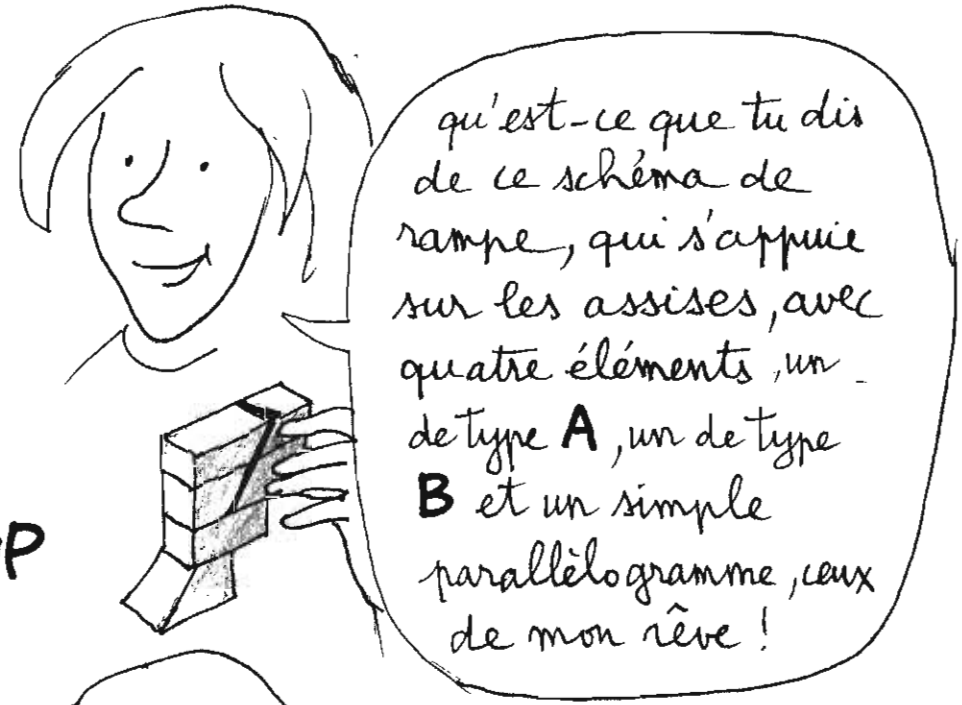
le site ayant servi de carrière pour la ville du Caire, toute proche, elles sont restées là parce qu'on ne pouvait rien en faire

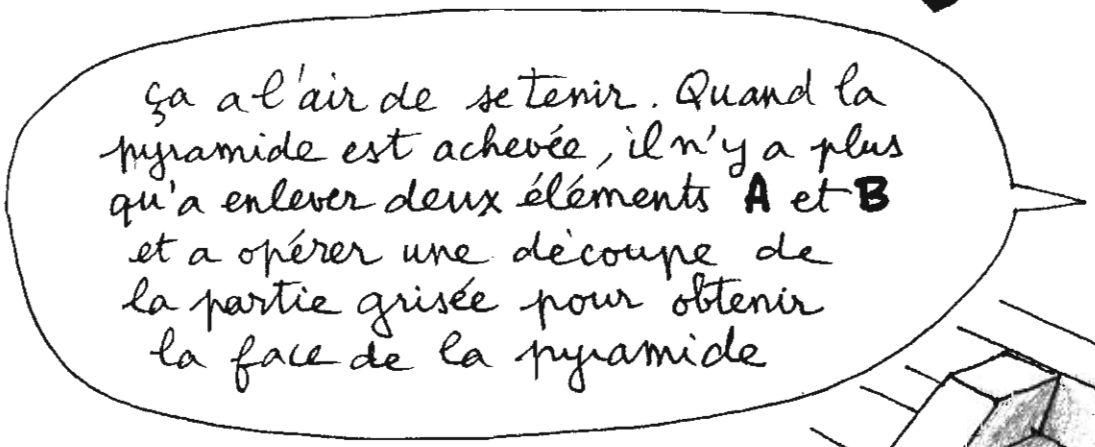
impossible de les utiliser comme éléments d'un revêtement

cela pourrait être un résidu de découpe de ta rampe en pierre

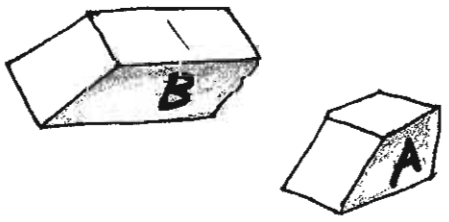

B
A
A
A
A


A
B
P


qu'est-ce que tu dis de ce schéma de rampe, qui s'appuie sur les assises, avec quatre éléments, un de type A, un de type B et un simple parallélogramme, ceux de mon rêve !


ça a l'air de se tenir. Quand la pyramide est achevée, il n'y a plus qu'a enlever deux éléments A et B et a opérer une découpe de la partie grisée pour obtenir la face de la pyramide

et qu'est-ce qu'on fait de ces deux blocs A et B ?
ça expliquerait la présence de ces blocs triangulaires


B
A

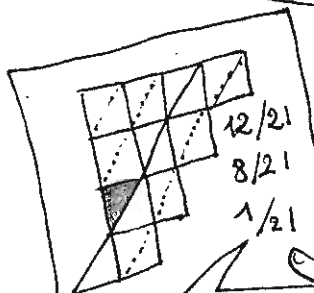
On les garde pour la pyramide suivante !

Ce que vous dites, Tirésias, c'est que les pyramides seraient ... construites en kit !?

Ça explique pourquoi Kheops aurait pu construire la sienne en seulement 25 ans

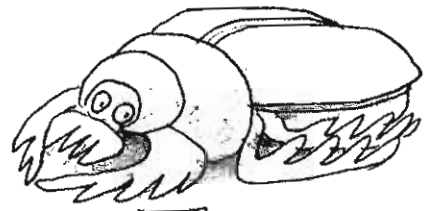
La structure en pierre est suffisamment solide pour soutenir une charge de dizaines de tonnes

La couverture en brique crue fournit une faible pente, ce système fait que les 3/4 de la surface de la pyramide sont **PRÉDÉCOUPÉES** la découpe in situ est minimale



57% de la pierre constituant cette rampe deviennent le **REVÊTEMENT** 38% seront pour la pyramide suivante, avec seulement 5% de déchet

Reste à comprendre comment cette rampe (krossaï) se boucle sur des plateformes carrées, aux angles (bomidès)



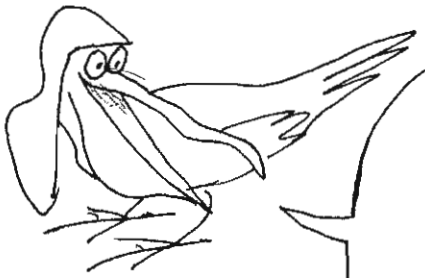
LA RAMPE EN PIERRE de JEAN-PIERRE PETIT

Sophie et Anselme ont commencé par construire des maquettes en utilisant du papier "bristol" muni d'un quadrillage dont les mailles font 5 mm x 5 mm. Nous allons commencer par là.

L'ALGORITHME

C'est la solution du problème géométrique suivant :

Comment engendrer, par **RÉCURSIVITÉ**, un objet ayant une symétrie d'ordre 4 (une pyramide) à l'aide d'un objet suivant une trajetoire montante et spiralée ?



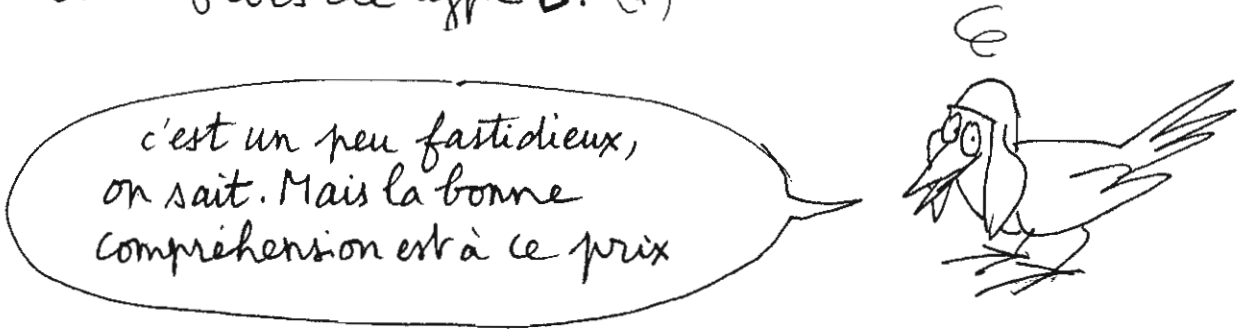
on veut ensuite que cet objet, plaqué contre les assises d'une structure pyramidale sous-jacente (*) constitue à la fois un **ÉCHAFAUDAGE EN PIERRE** permettant l'acheminement des blocs sur une rampe de montée et, une fois l'ouvrage achevé, le revêtement. Et cela, avec un minimum de déchets non ré-utilisables (*)

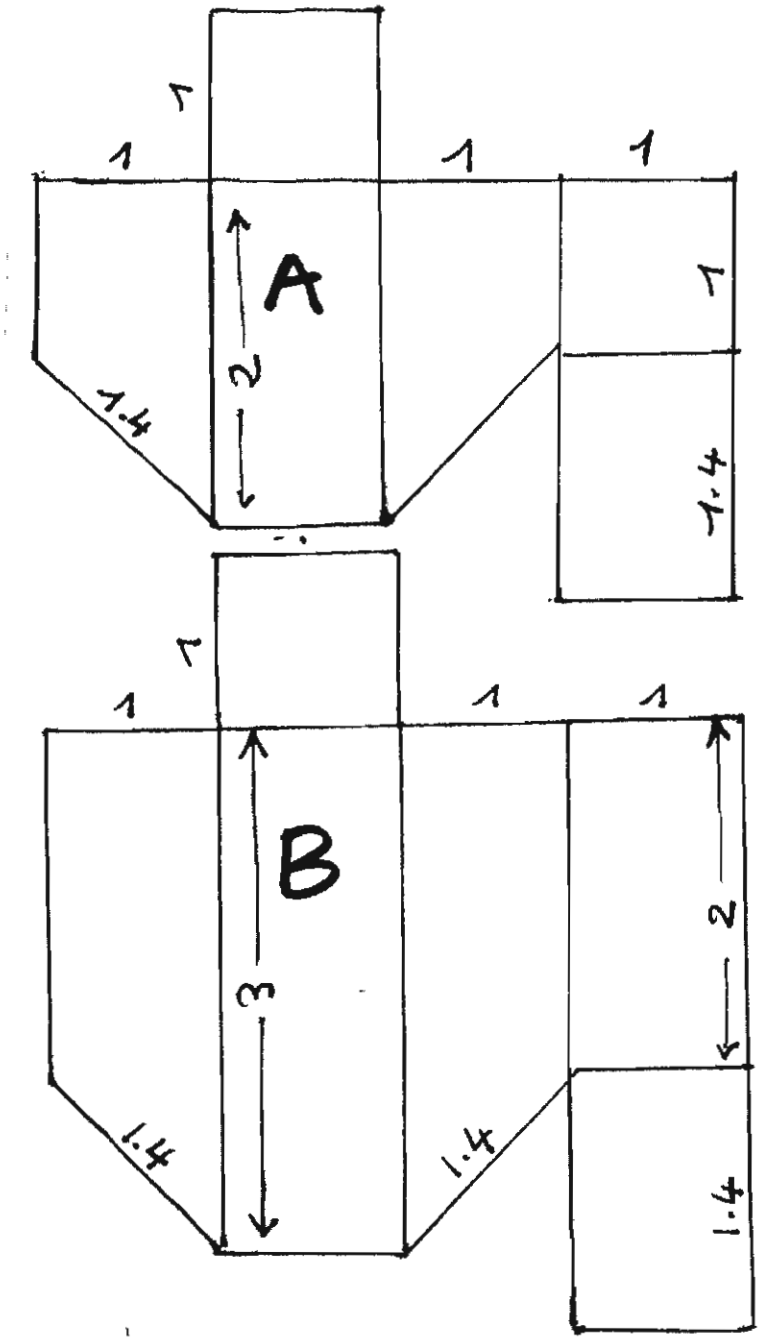
on va commencer par travailler avec du papier bristol quadrillé

* les blocs triangulaires abondants sur le site de Giseh

Vous êtes le nouveau pharaon Kheops. Le pharaon Snefrou, votre papa, vous a légué une montagne de pierres déja taillées, dont lui-même s'est servi pour édifier sa **PYRAMIDE ROUGE** et sa **PYRAMIDE RHOMBOÏDALE**, plus au sud, sur le site de **DASHOUR**. Véritable KIT permettant de constituer un échafaudage en pierre, ces pierres vont vous permettre d'édifier votre super-pyramide en seulement vingt années. Grâce aussi aux pierres facilement extraites de la carrière de Giseh, qui possèdent automatiquement des faces planes et horizontales, puisqué elles sont taillées dans des couches sédimentaires de calcaire grossier, separées par des fines couches d'argile.

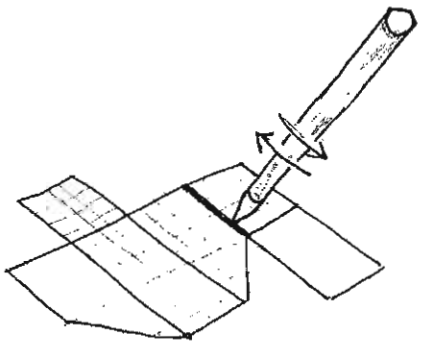
Vous allez donc constituer blocs de type **A**
et blocs de type **B**. (*)



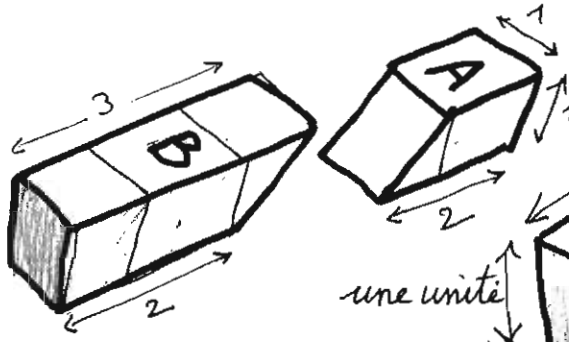


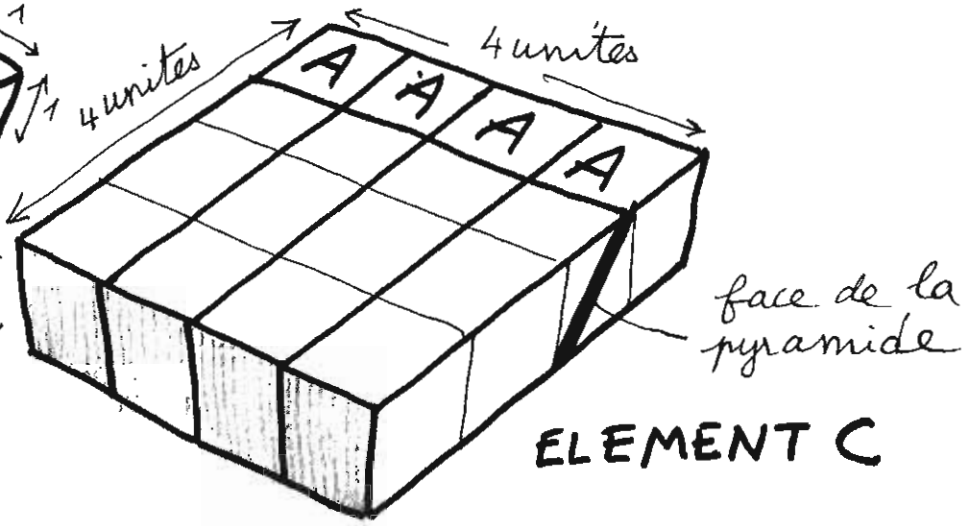
(*) si vous optez pour la menuiserie, découpez cela dans des baguettes de 2cm x 2cm

cette longueur de 2 cm est purement indicative c'est l'unité u.



une unité = 2 cm





ELEMENT C

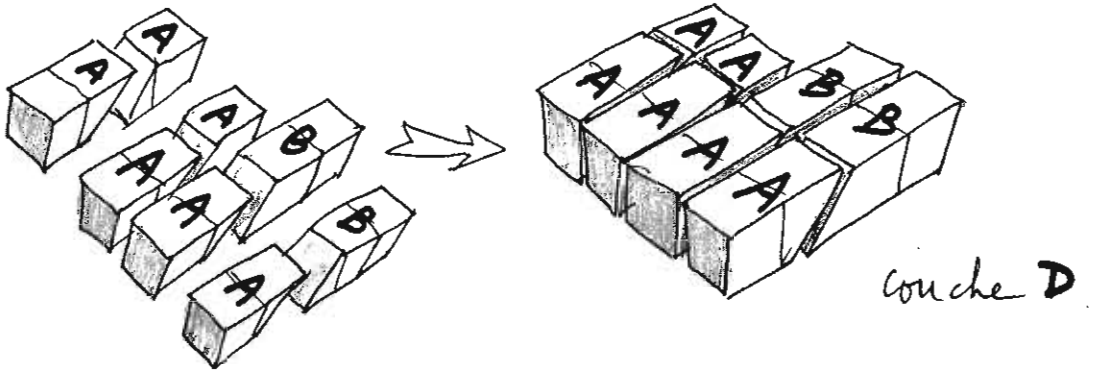
En passant et repassant un stylo à bille ou un marker sur les plis, vous faciliterez le pliage du bristol

En accolant 4 éléments de type **A** et quatre éléments de type **B** vous obtiendrez l'ensemble **C** qui représentera la plateforme d'angle sur laquelle des monolithes, de 20 à 60 tonnes (52 au total dans la pyramide de Khéops) pourront opérer un virage à 90°, sur un lit d'argile humide, une technique mentionnée dans le bas-relief où on voit 172 haleurs tirer la statue de Djehutihotep. Voir page 29.

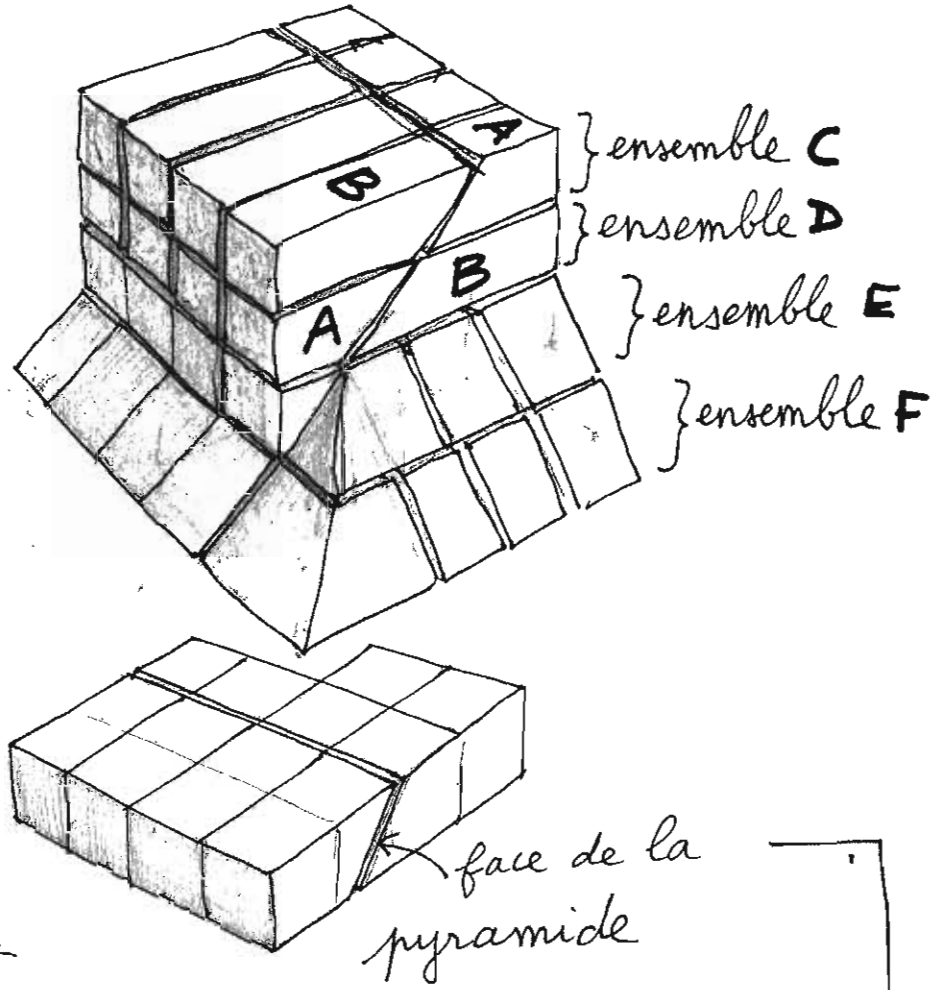
si vous doutez de l'efficacité de cette technique mettez du liquide pour la vaisselle sur le carrelage de votre salle de bains. Puis essayez de traverser cette pièce sans vous casser la figure !

La **PIÈCE D'ANGLE** est composée de quatre couches de pierres prédécoupées.

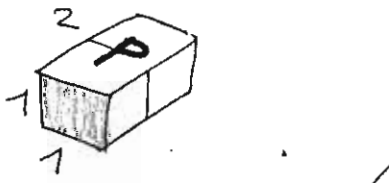
Ci-dessous, voici comment constituer la couche suivante, la couche **D**, toujours à partir du stock de blocs standards **A** et **B**

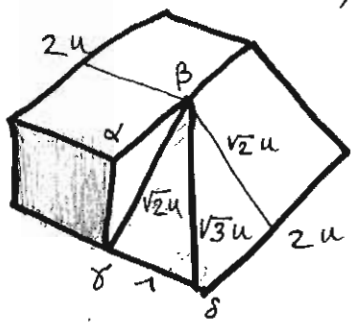


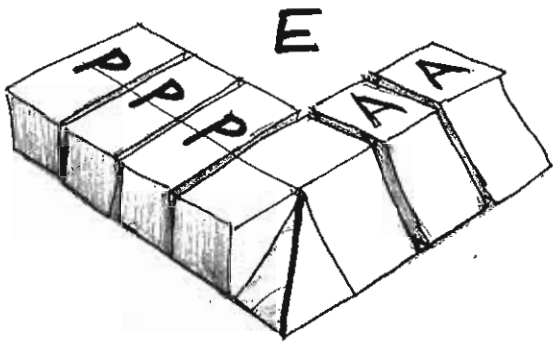
couche **D**



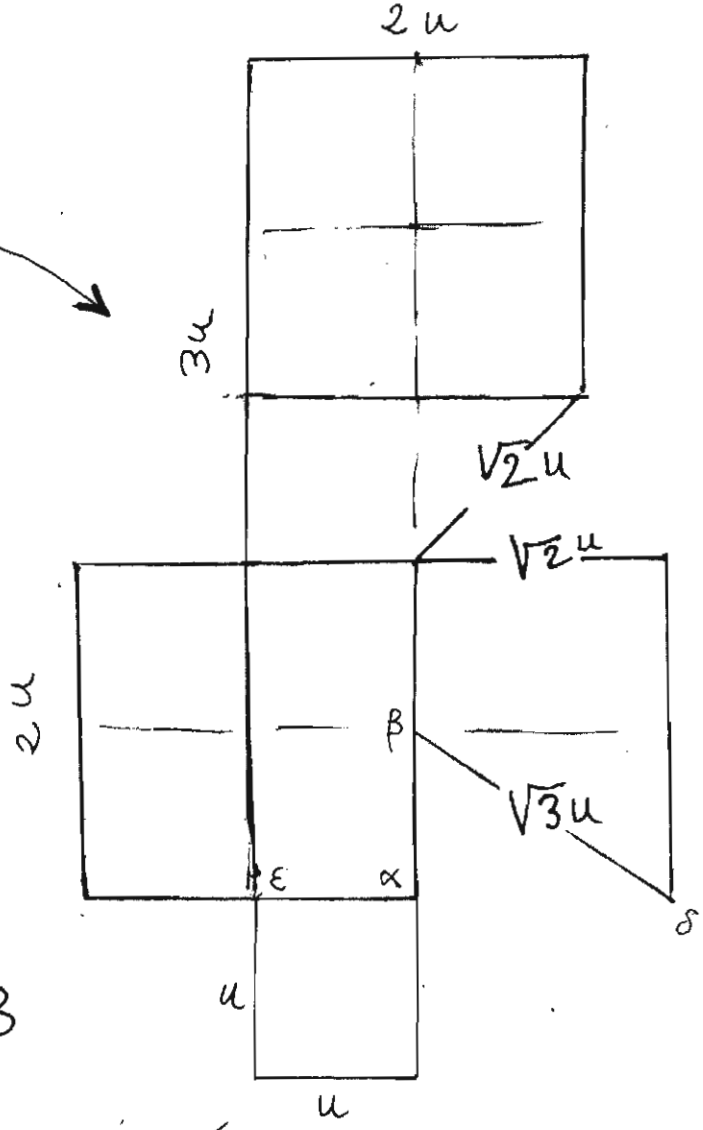
Dans tout ce qui va suivre on va faire comme si la pente des faces valait l'unité, qu'elles faisaient un angle de 45° avec l'horizontale. Or les pyramides ont des faces plus inclinées. La pente de celle de Khéops est 14/11, ce qui correspond à un angle de 51°30'34". Les puristes pourront introduire cette donnée en remplaçant la valeur unité u pour les maillages horizontaux par $\frac{11}{14}u = 0{,}7857u$

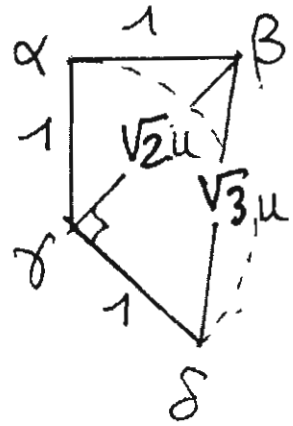


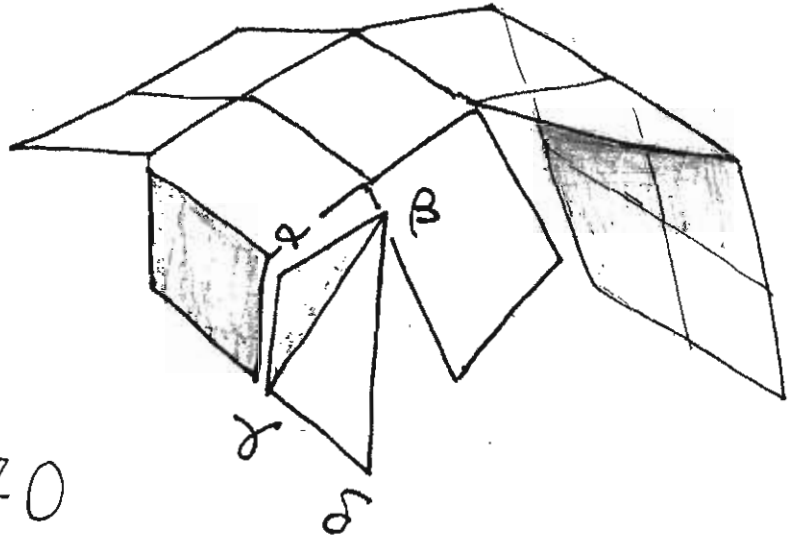




L'ensemble **E** est formé de deux blocs de type **A**, de trois parallélépipèdes **P** de côtés **u** x **u** x 2**u** et d'un bloc dont le découpage ci-contre vous donne la forme

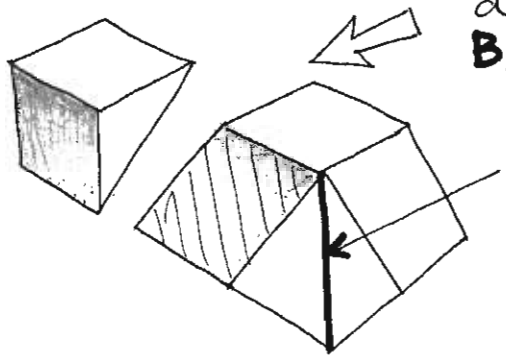






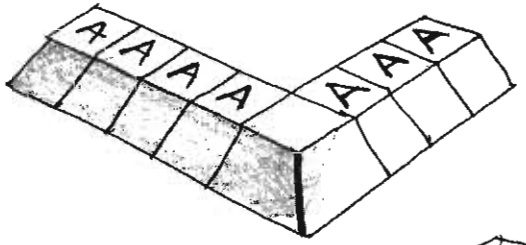
La découpe de cette pièce **E** fournit le seul déchet identifiable sur le site : un nouveau

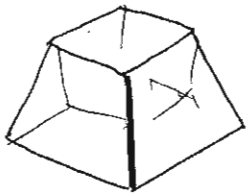
BLOC TRIANGULAIRE

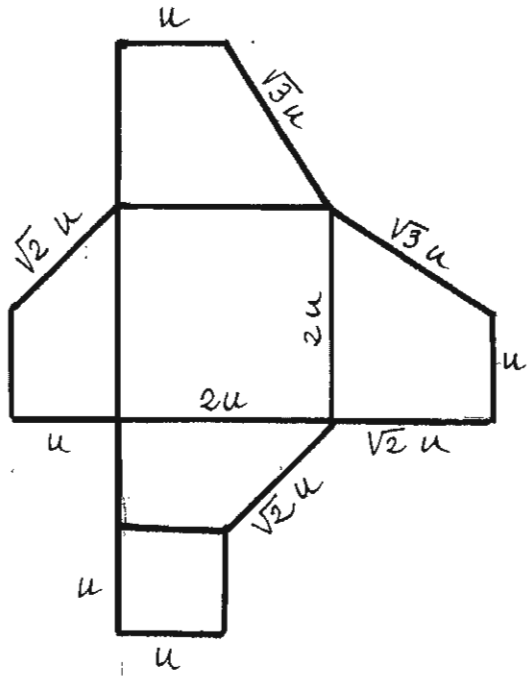


arête de la pyramide

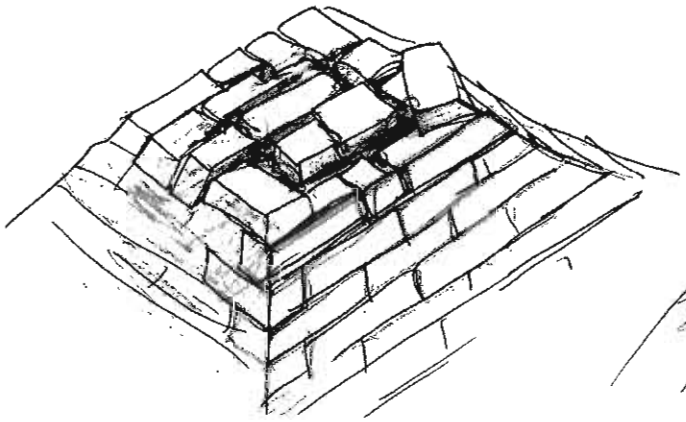
La dernière couche **F** est constituée par 7 blocs de type **A** et par un bloc dont la forme correspond au découpage ci-contre. Tous font partie intégrante du revêtement

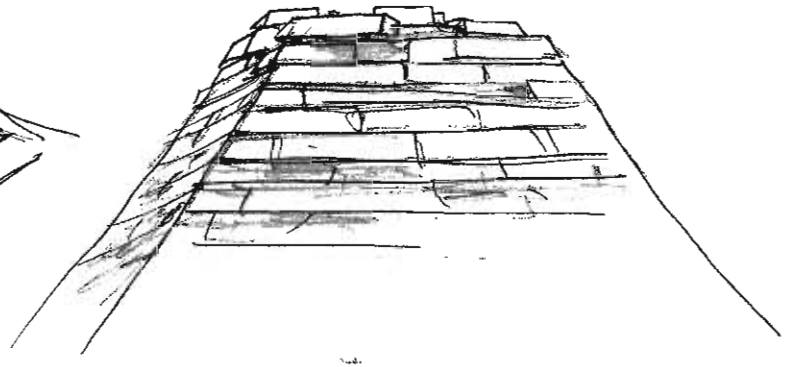


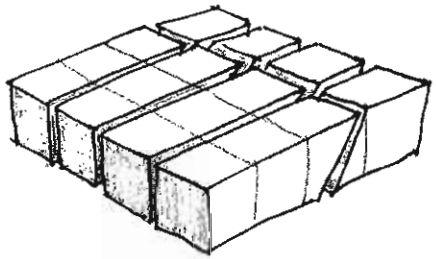




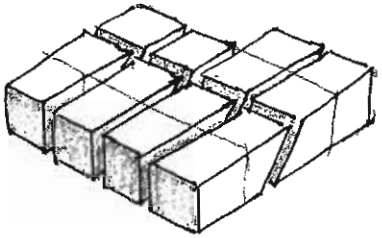
On trouve des associations de ces blocs dans le reste de la partie sommitale de la pyramide de Kephren :



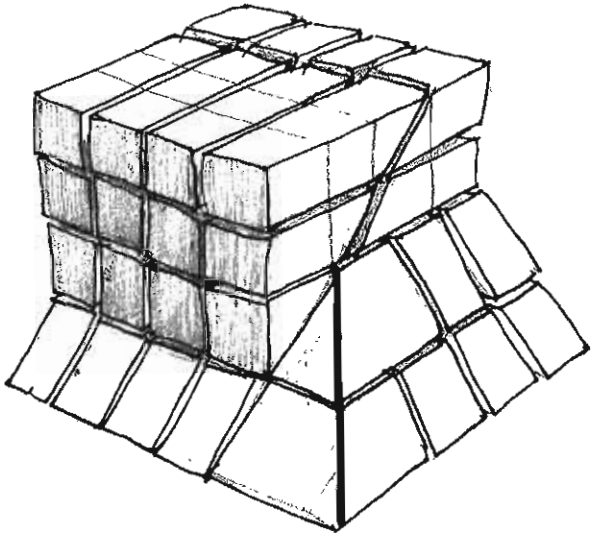


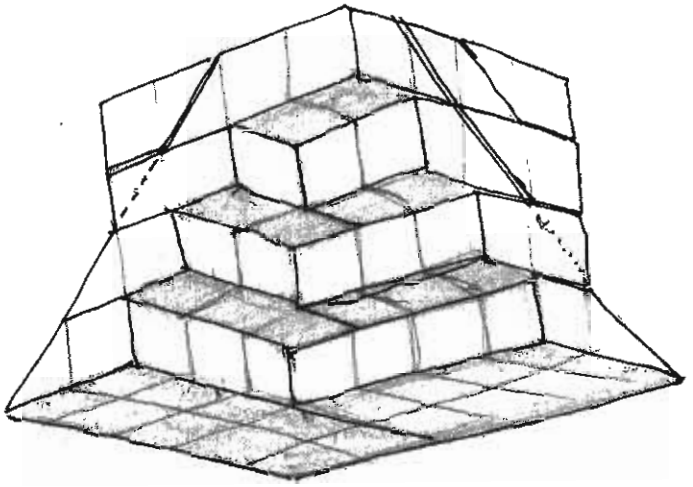


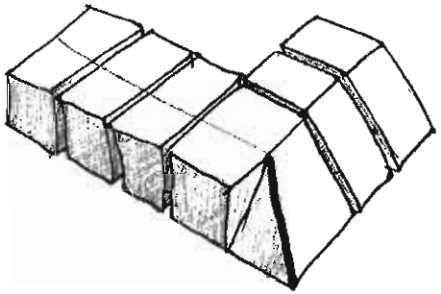
C



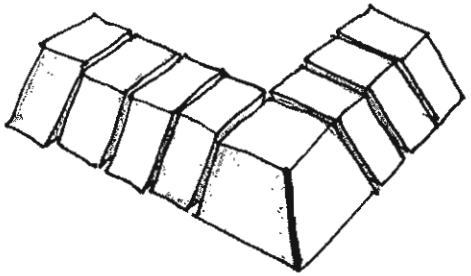
D





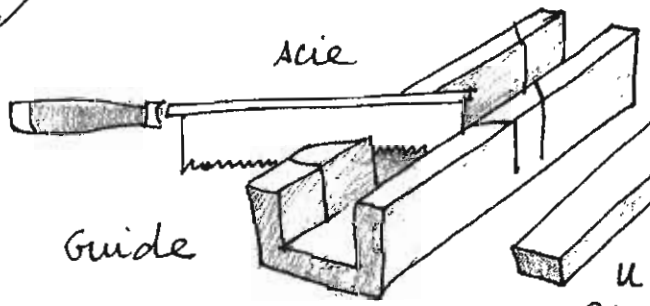


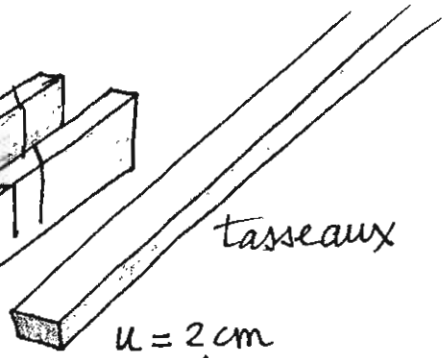
E

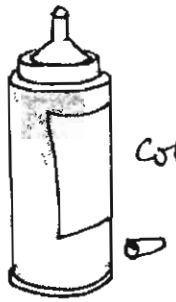


F

pour bien comprendre comment se situent ces blocs d'angle sur les assises, il est indispensable de construire une maquette. Et, pour les assises, il est plus facile de faire celles-ci à partir de bois



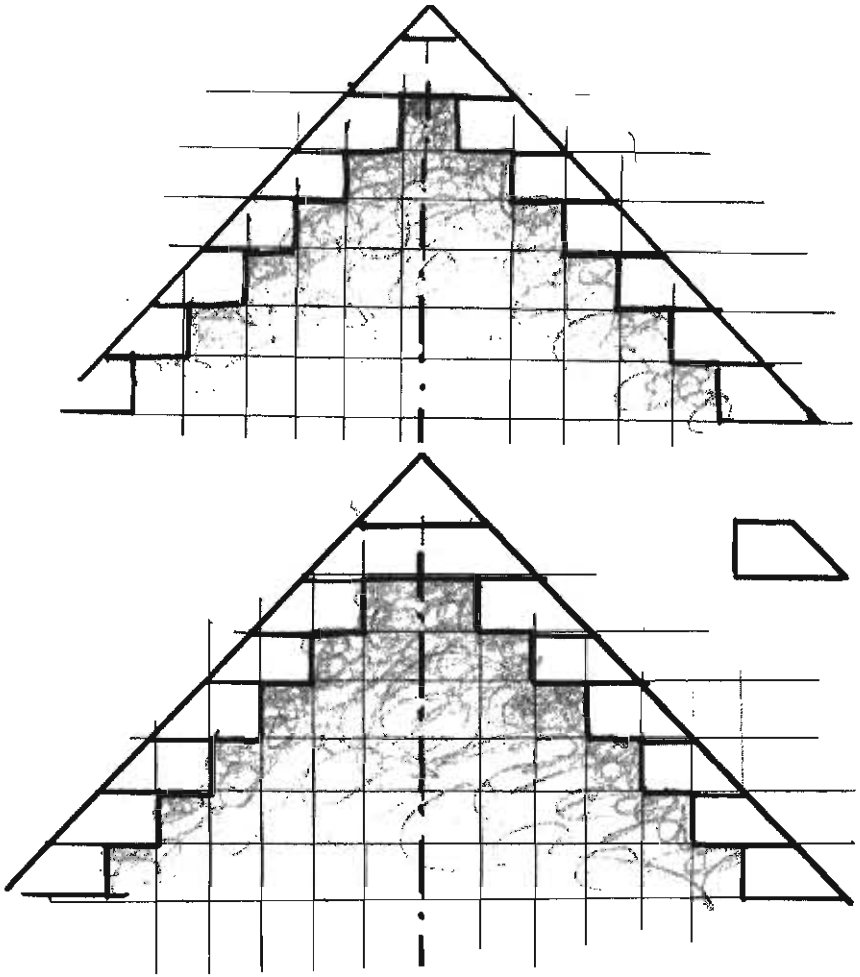


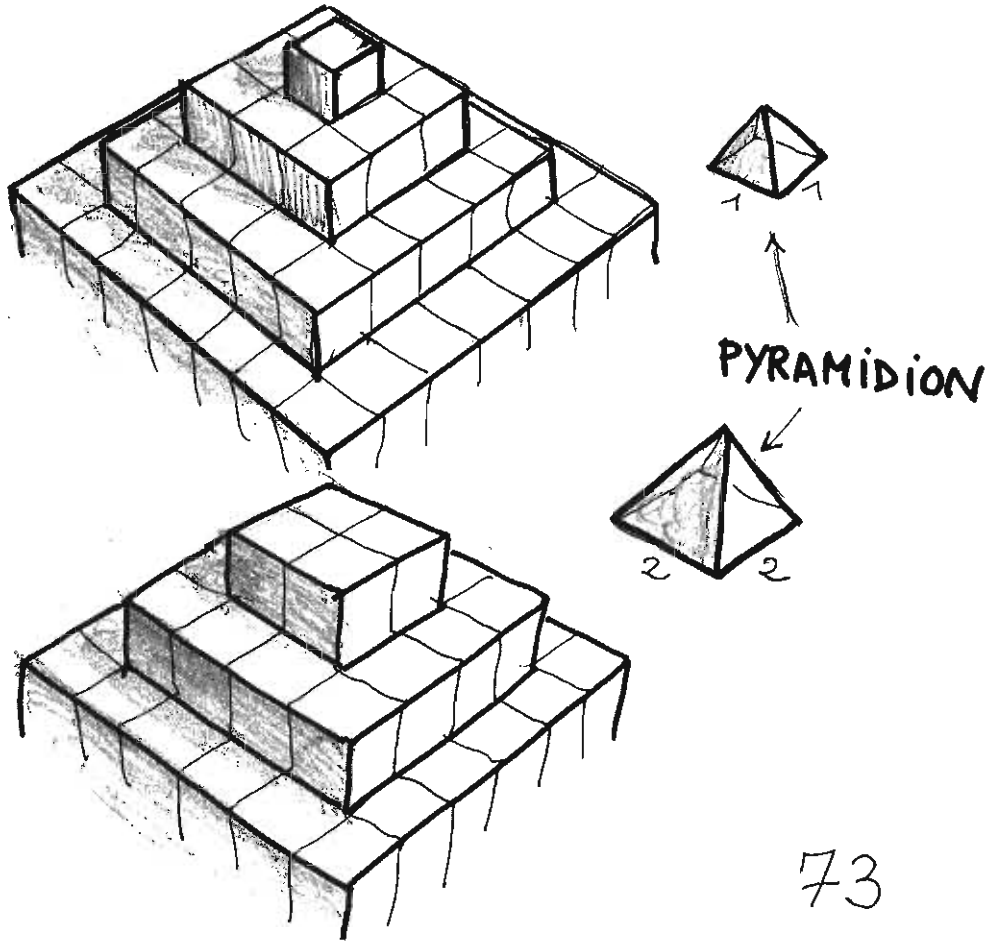


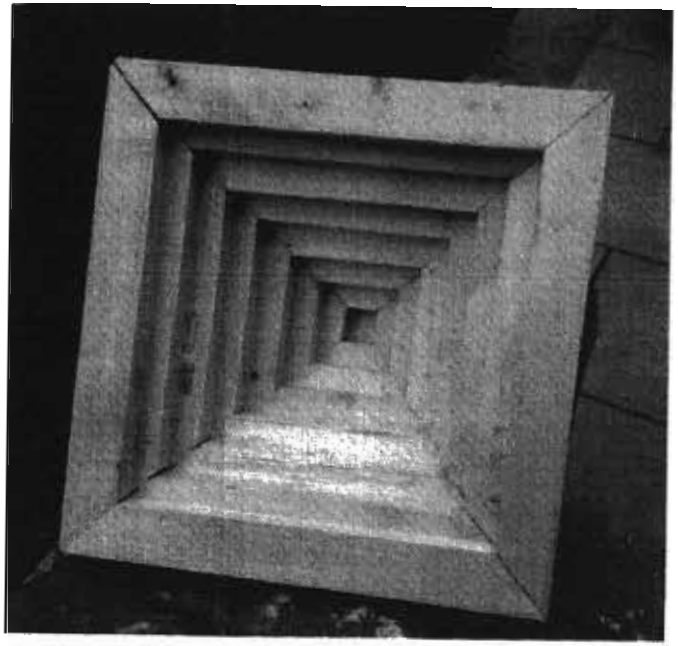
colle

On suppose que vous disposez maintenant de plusieurs **BLOCS ANGULAIRES** de ce type. Nous allons voir maintenant comment ils se prennent en relai, d'une assise à l'autre, en constituant le support solide d'un chemin de montée, d'une **RAMPE HÉLICOÏDALE EN PIERRE.** Pour cela vous allez devoir créer les assises.

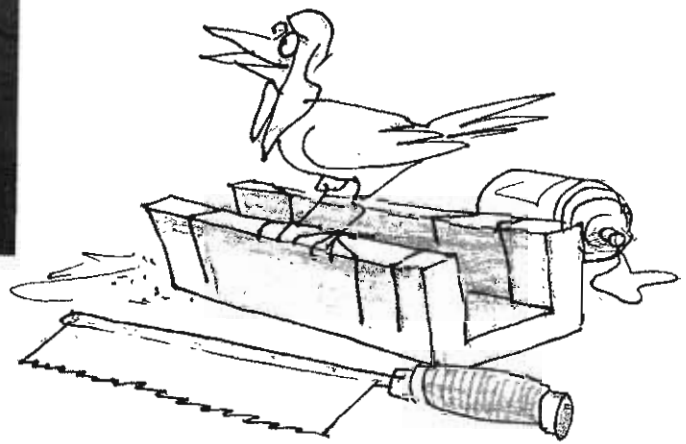
Il y a deux géométries d'assises possibles, ce qu'illustrent les dessins suivants. Les flancs sont identiques. Les pyramides diffèrent seulement par l'agencement des derniers éléments de leurs parties sommitales

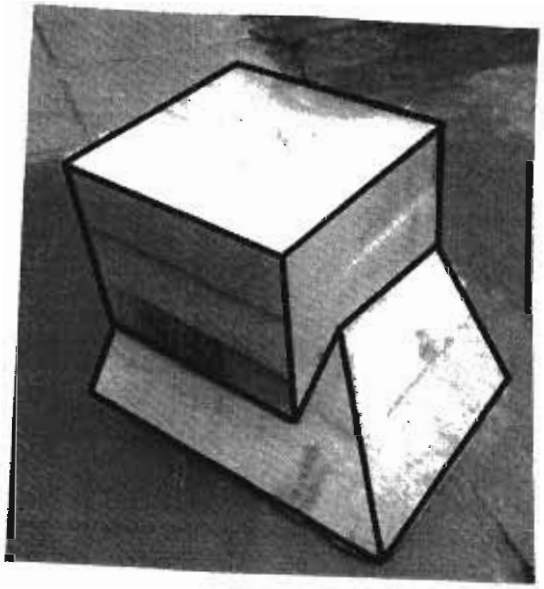


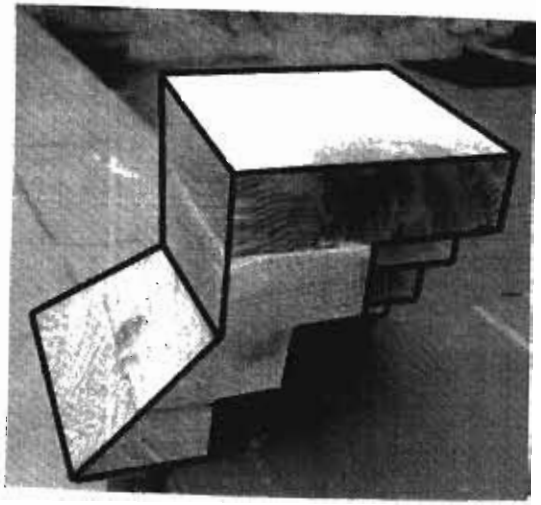




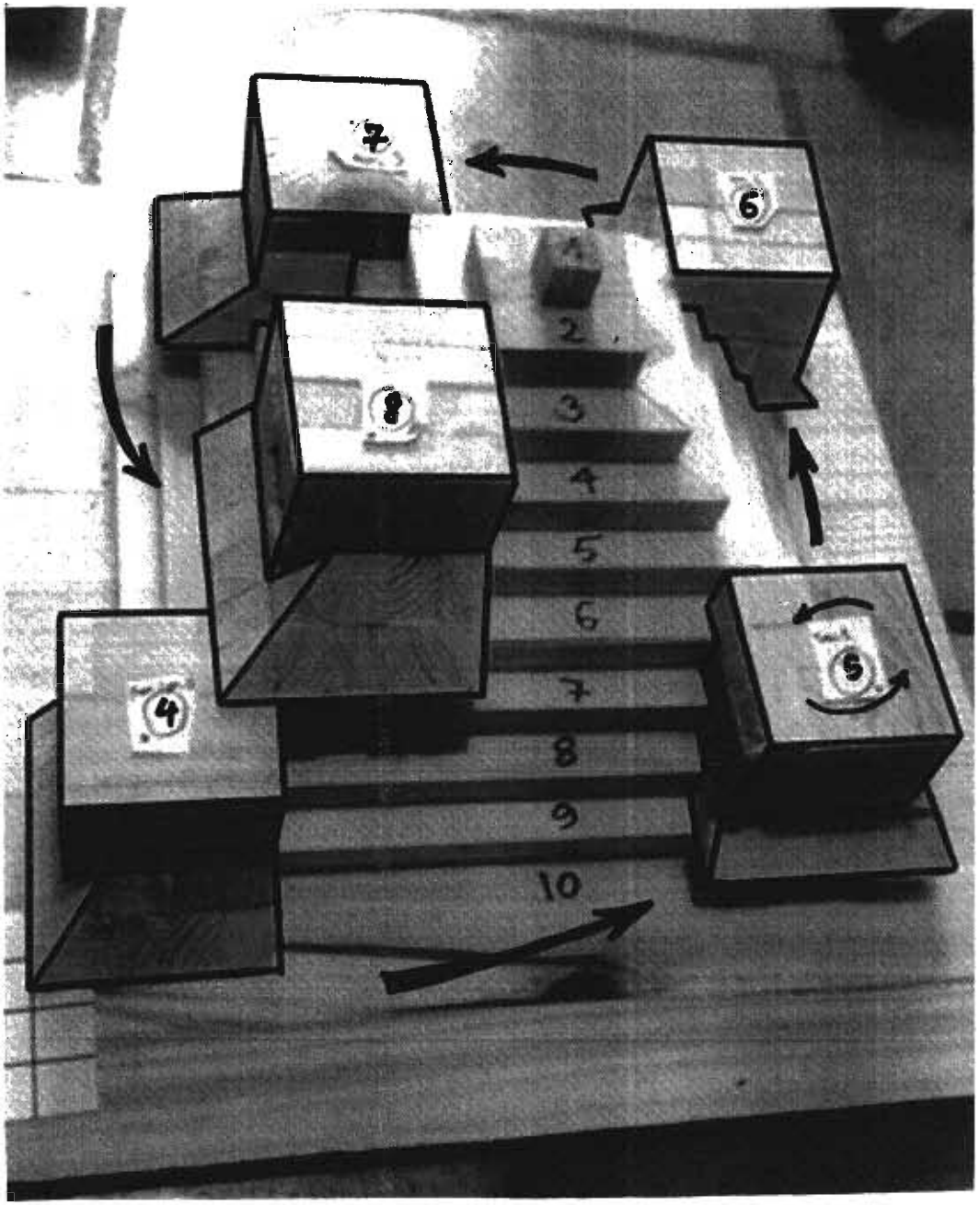
voilà une maquette avec quelques assises, réalisée avec des tasseaux de 2cm x 4cm, une scie et de la colle

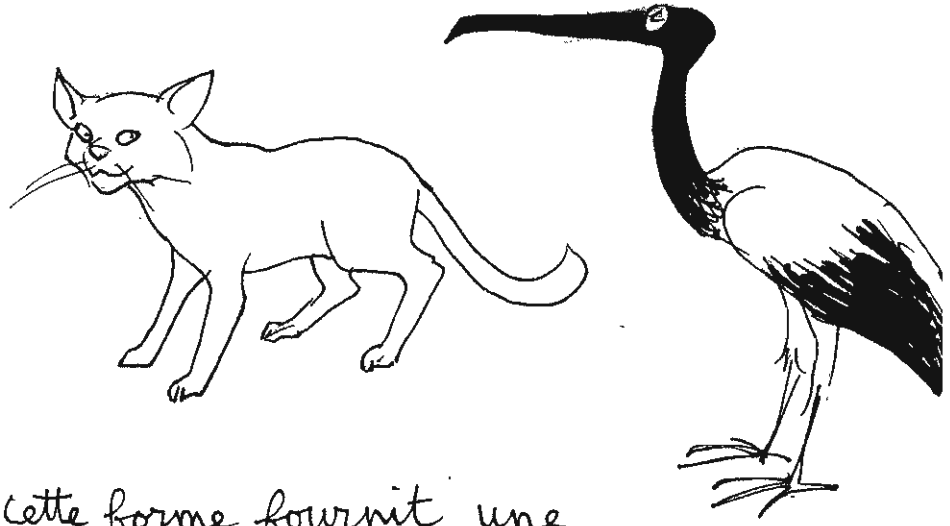






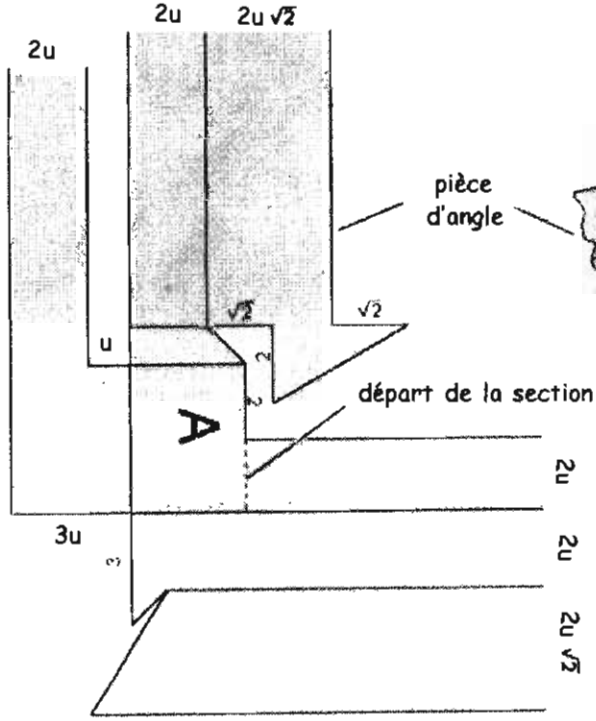
et des pièces d'angle réalisées en bois

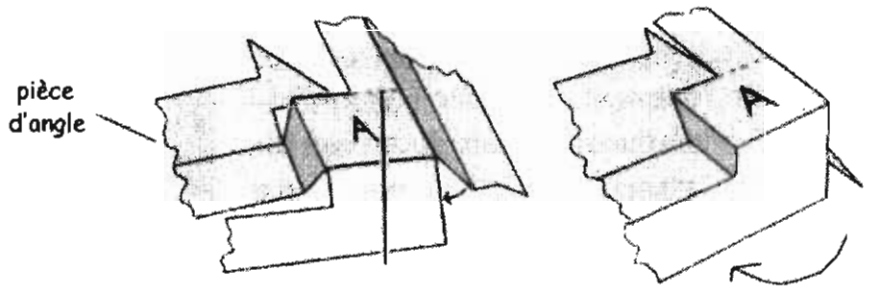




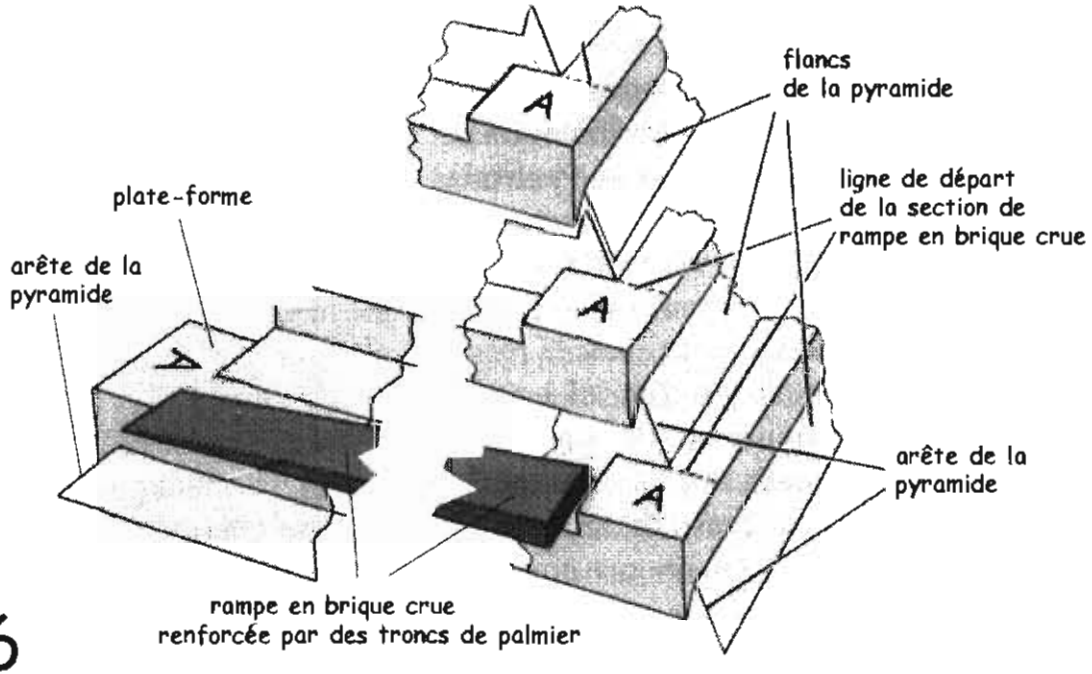
Cette forme fournit une solution au problème posé. Partons de sa position 4, enveloppant les assises. On la fait glisser le long des assises. A l'angle suivant on lui imprime une rotation de +90° ainsi qu'une translation verticale égale à une hauteur d'assise (position 5). On réédite l'opération en 6, 7, 8. La pièce vient alors se positionner en appui sur la 4, comme indiqué. Par le schéma **RÉCURSIF** nous obtenons l'algorithme d'engendrement de la rampe (*)

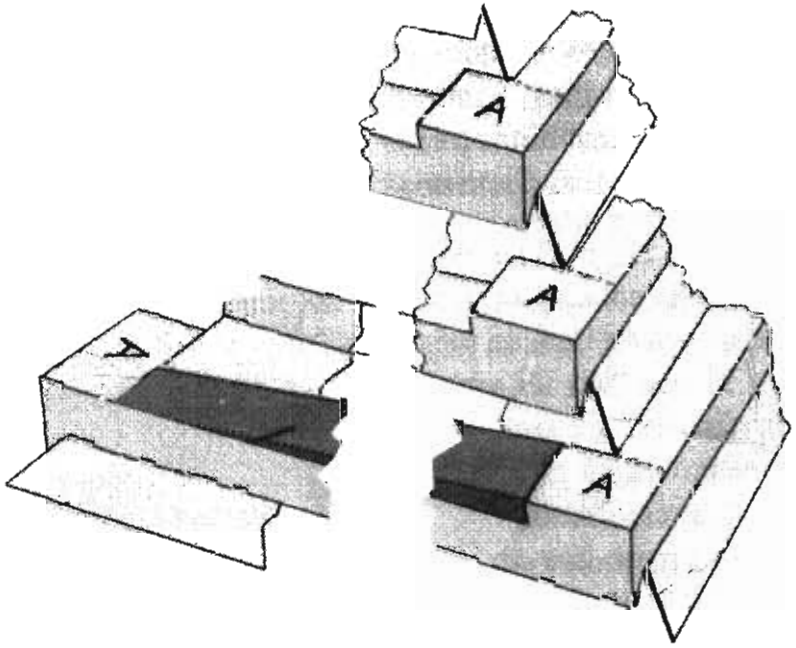
(*) la **RÉCURSIVITÉ** est un concept mathématique qui n'apparaîtra qu'au **XIXe** siècle

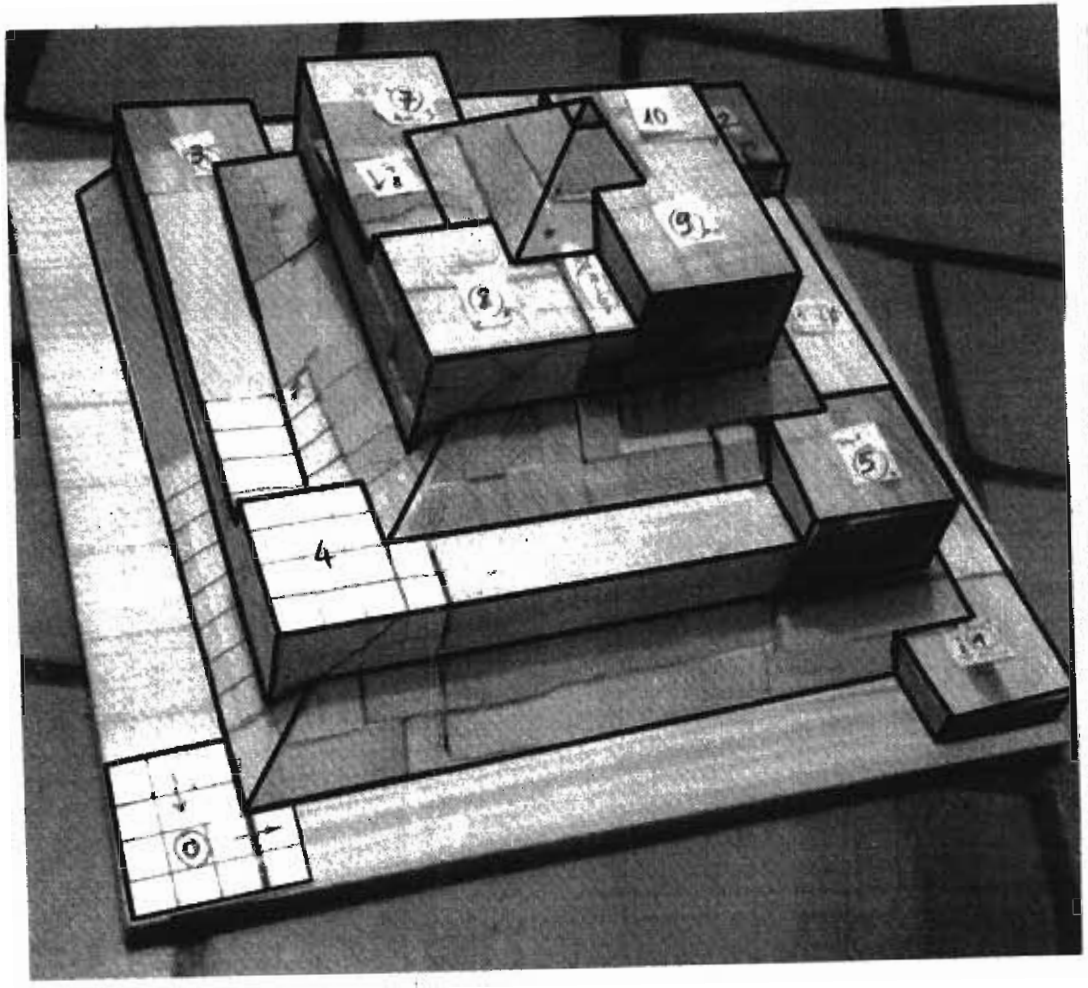


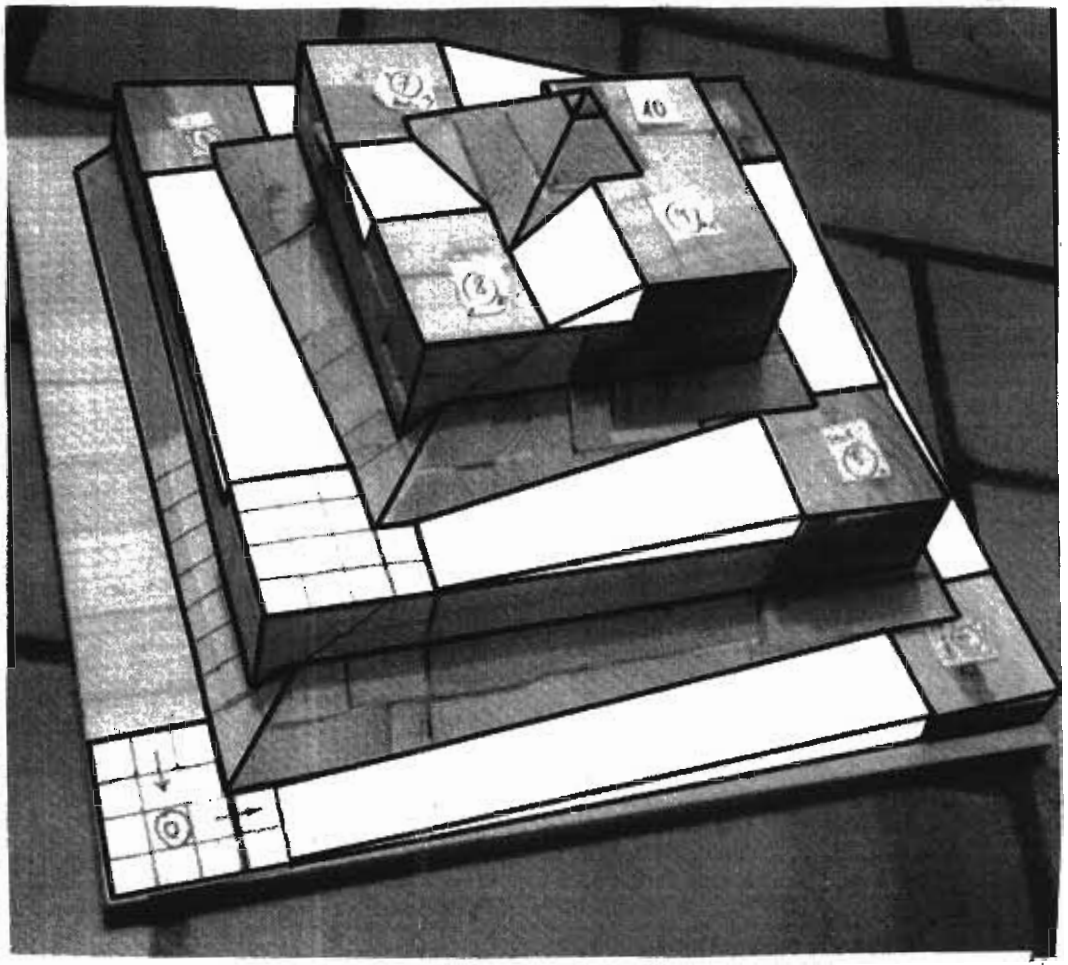


Ce découpage permet de comprendre comment les pièces d'angle se superposent en matérialisant l'arête de la pyramide



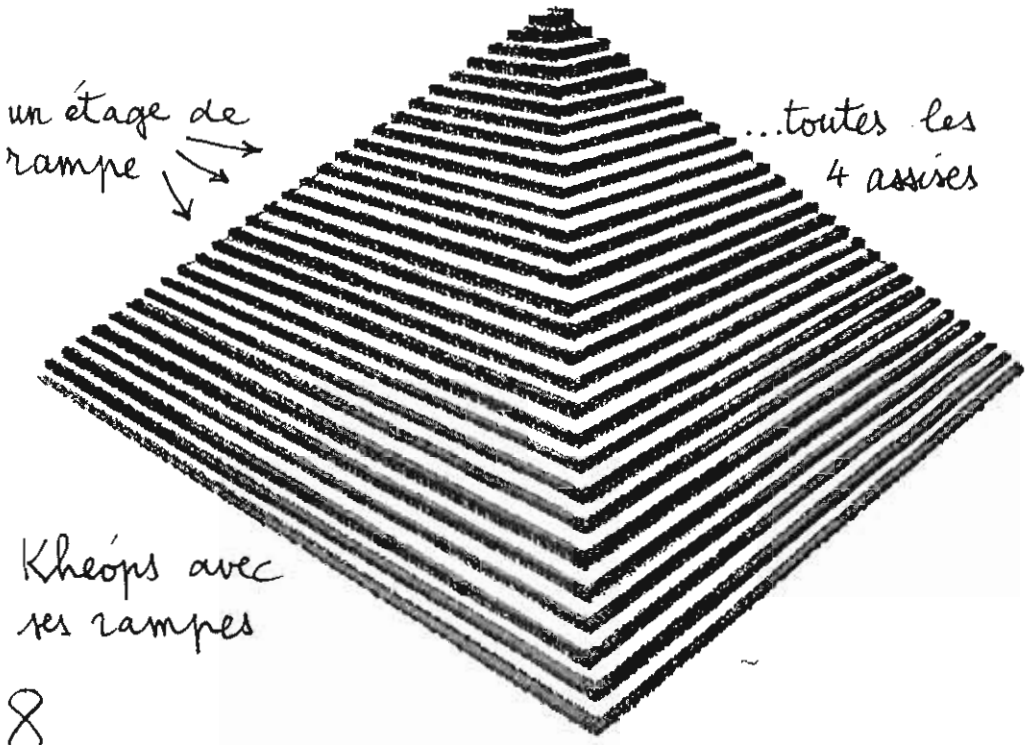




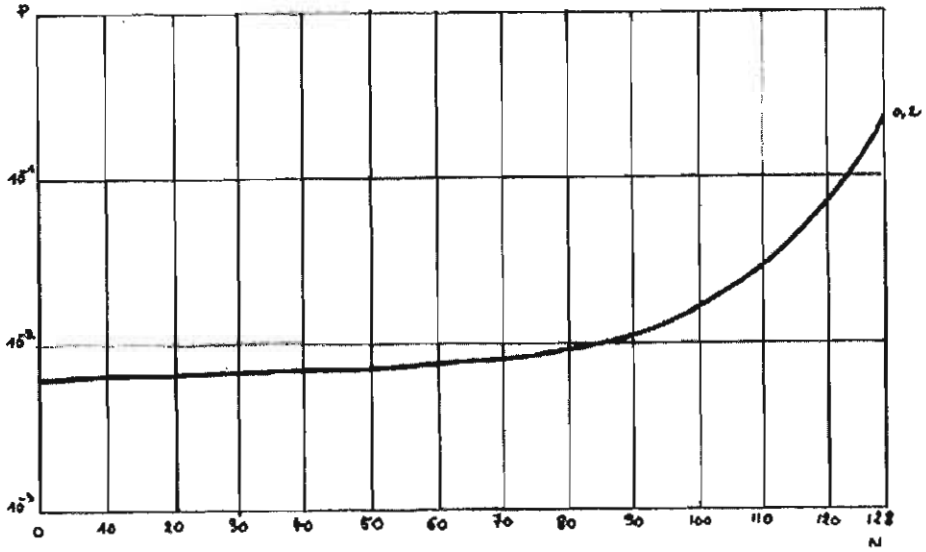


Il est facile de compléter la mise en place des **BLOCS D'ANGLE** 4 à 10 avec des blocs de type **A** et **B** et des parallélépipèdes de côtés (u, u, 2u). C'est ce qui a été fait sur la maquette de la photo de gauche. A droite, indiquées en blanc, on a rajouté les plans inclinés en brique crue, renforcés par des troncs de palmier. Pour ceux qui veulent bien comprendre cette géométrie sophistiquée, se référer à l'**ANNEXE A.** qui décrit toutes les étapes du processus de montage de cette maquette et de son déshabillage faisant apparaître la pyramide et son **REVÊTEMENT**

Bon, faisons le point. On a un système d'acheminement des composants des pyramides à l'aide d'une rampe en pierre, étroite, mais assez large pour permettre un double flux d'ouvriers, halant des blocs d'une à deux tonnes et demi, fixés sur des chariots glissant sur des pistes d'argile humide, ou redescendant les chariots vides. Dans les 4/5e de la hauteur la pente de la rampe est inférieure à 1%, ce qui fait que la force de halage consiste essentiellement à vaincre le frottement et peut etre mise en oeuvre par quelques hommes. Aux angles, la rotation de 90° de ces "blocs standards" est assurée par ripage. Cette rampe, d'une trentaine de tours, voit sa pente s'accroître brusquement dans les derniers tours, dans la partie sommitale. Le cheminement complet represente, pour la pyramide de Kheops, treize kilomètres

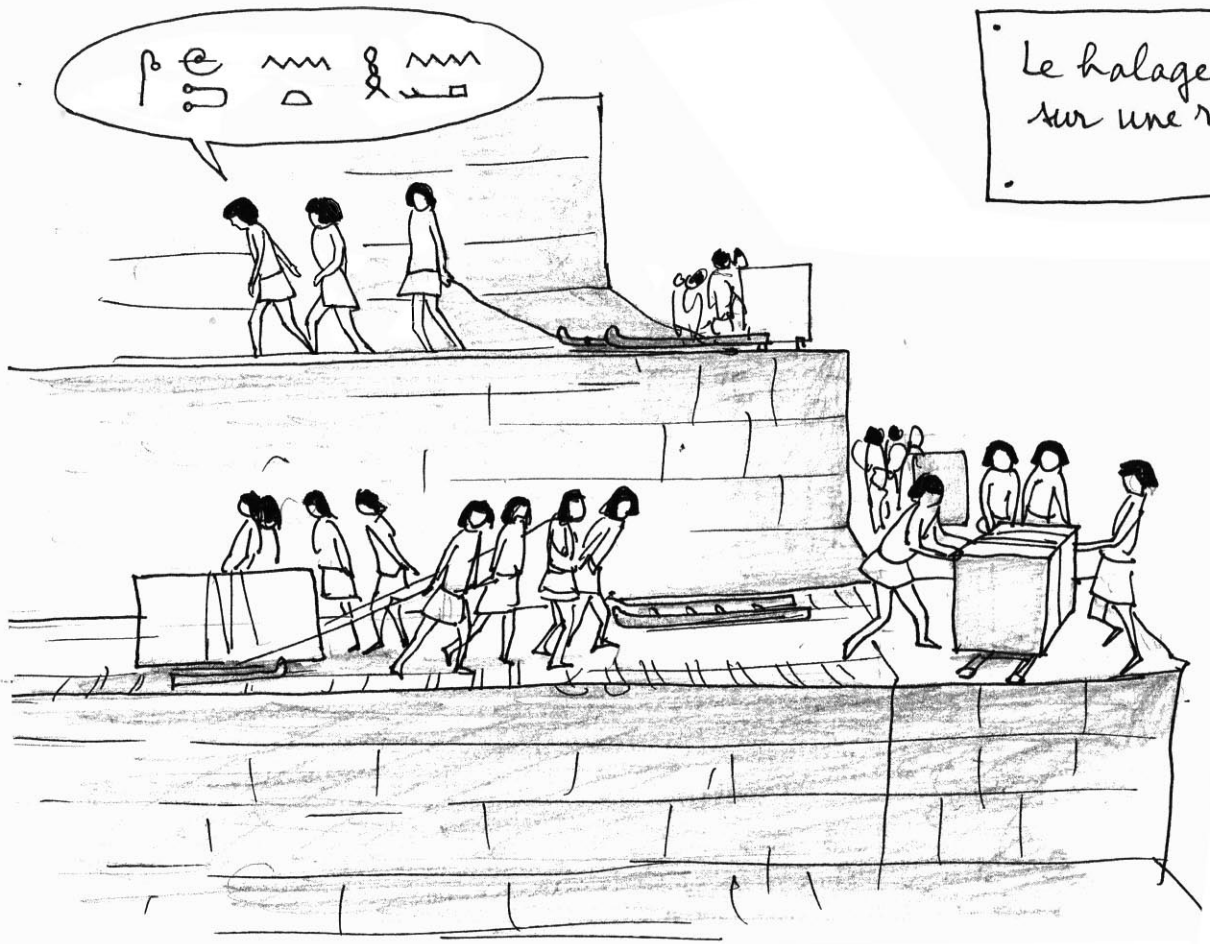


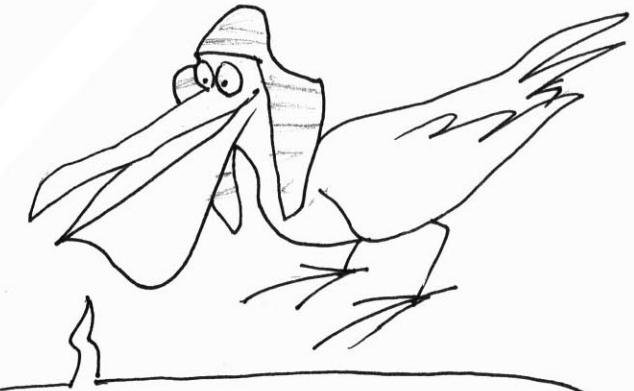
Kheops avec ses rampes



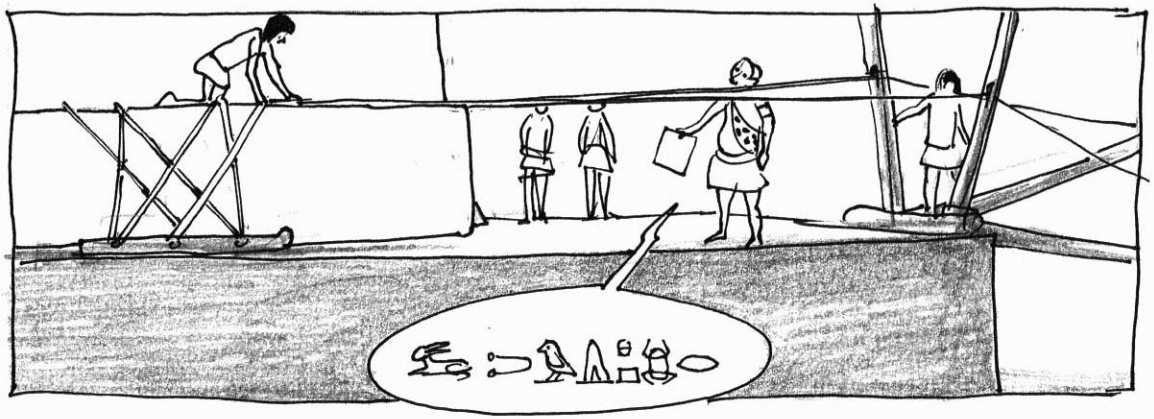
Evolution de la pente de la rampe.

Le halage des blocs "standards" sur une rampe de très faible pente





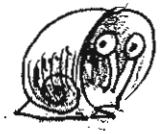
quand le programme implique la mise en place d'un des 52 monolithes de granite on change de technique. Les machines (voir pages 45 à 53) sont mises à contribution. Grâce à elles deux demi douzaines d'hommes peuvent créer des forces de traction alternées de 400 à 1200 kilos



FLUAGE et SISMICITÉ

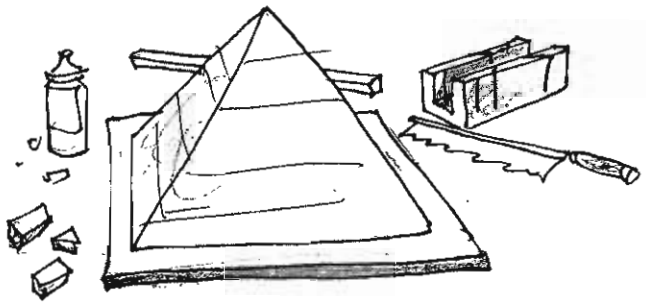
le concepteur d'une pyramide doit faire face à deux problèmes. Le premier relève de la **MÉCANIQUE DES SOLS** à travers le **FLUAGE**. Le second est la **SISMICITÉ**

Bon, le problème crucial de l'élévation des charges et du rythme de leur montée semble avoir été maitrisé. Mais avec tout cela, on fait quoi et comment ?

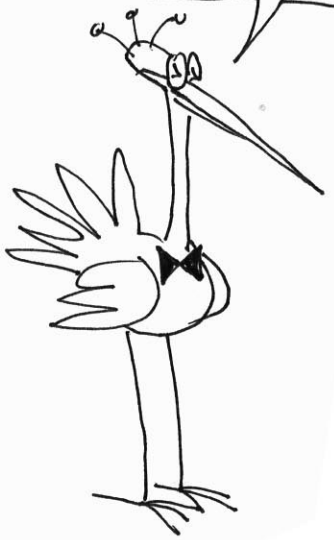


tu as déja entendu parler de ces trucs dans ta loge ?

non... pourtant on est au plus haut degré comprends pas...

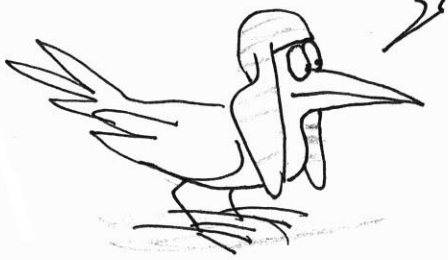


la pyramide de Kheops ce sont 2.500.000 mètres cubes. Avec un volume moyen de bloc d'un mètre cube, cela représente deux millions cinq cent mille blocs, non ?



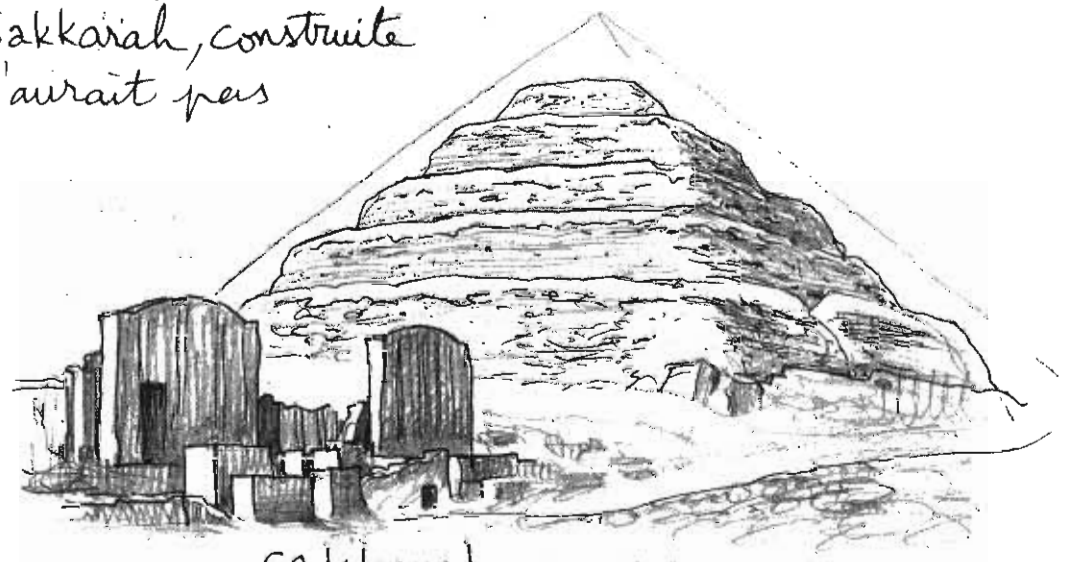
La découverte au XIXe siècle des **TEXTES DES PYRAMIDES** donne à celles-ci et à leur **COMPLEXE FUNÉRAIRE** une nature de machineries métaphysiques, d'une thématique complexe. Cet aspect des choses a incité les égyptologues à tenter de décrypter les structures sous un angle **SYMBOLIQUE**. Ainsi la mention "d'un escalier permettant au pharaon de gagner le ciel" peut elle inciter à penser que cette idée à été à l'origine des **PYRAMIDES À DEGRÉS**

est ce que l'architecture des pyramides représente une traduction "en dur" d'une thématique religieuse



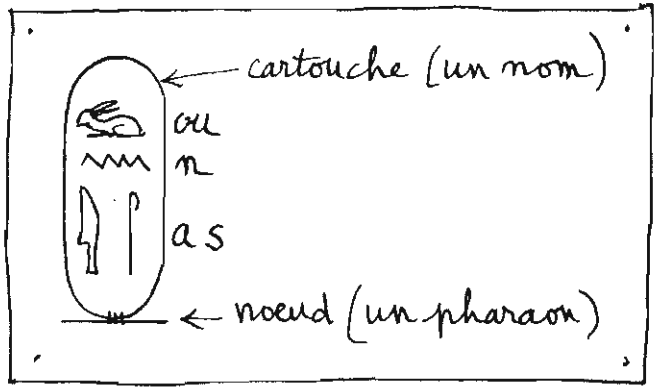
ou, à l'inverse, est ce que ces textes religieux ne représentent pas une forme d'encodage de solutions imposées par des impératifs techniques ?

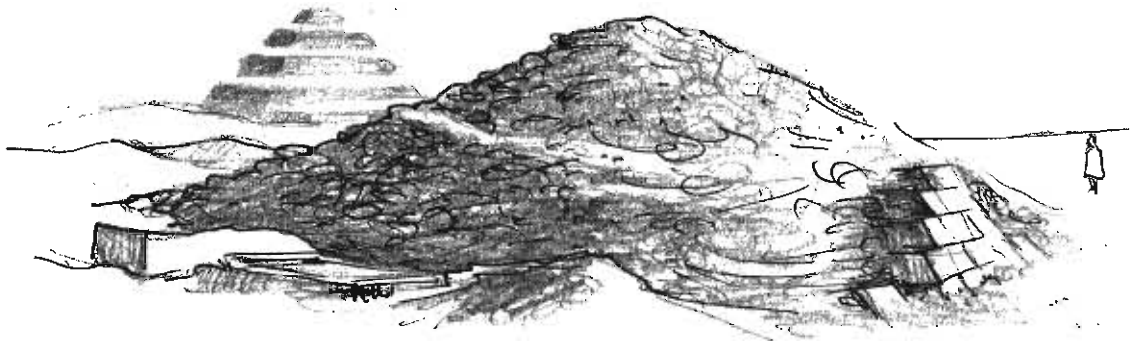
Les structures à degrés sont omniprésentes sous les pyramides, par exemple sur les trois pyramides satellites de celle de Mykerinos (visible sur l'arrière-plan). Il semble raisonnable de penser que de tels degrés pourraient exister également sur les surfaces actuelles des pyramides de Gizeh, moins dégradées du fait du pillage systématique pratiqué tout au long de l'histoire antique égyptienne. Au point qu'on pourrait se demander si la plus ancienne des pyramides, celle de Sakkarah, construite par **IMOTHEP** pour le pharaon **DJOZER** n'aurait pas été une **PYRAMIDE LISSE** victime du jeu de **PIQUE-CAILLOUX**, qui aurait fait apparaitre ses degrés sous-jacents.



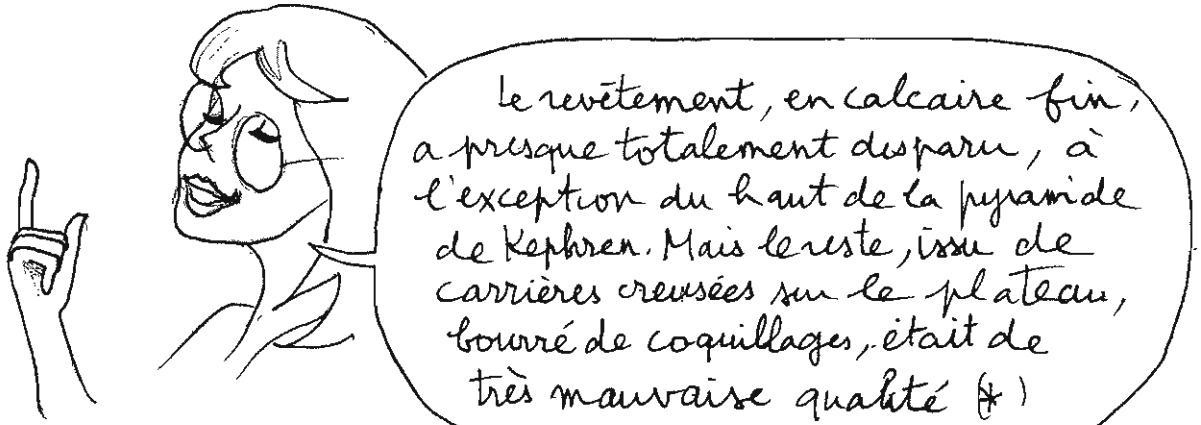
Sakkarah vers 2600 av. JC

sur la soixantaine de pyramides dénombrées en Egypte la plupart, si leurs structures souterraines peuvent être très riches, présentent un aspect extérieur très délabré, à cause du pillage de la pierre opérée dès l'époque pharaonique. Ci-après celle du pharaon Ounas (2320 av. JC) dont l'intérieur (voir page 15) recèle le **TEXTE DES PYRAMIDES.**



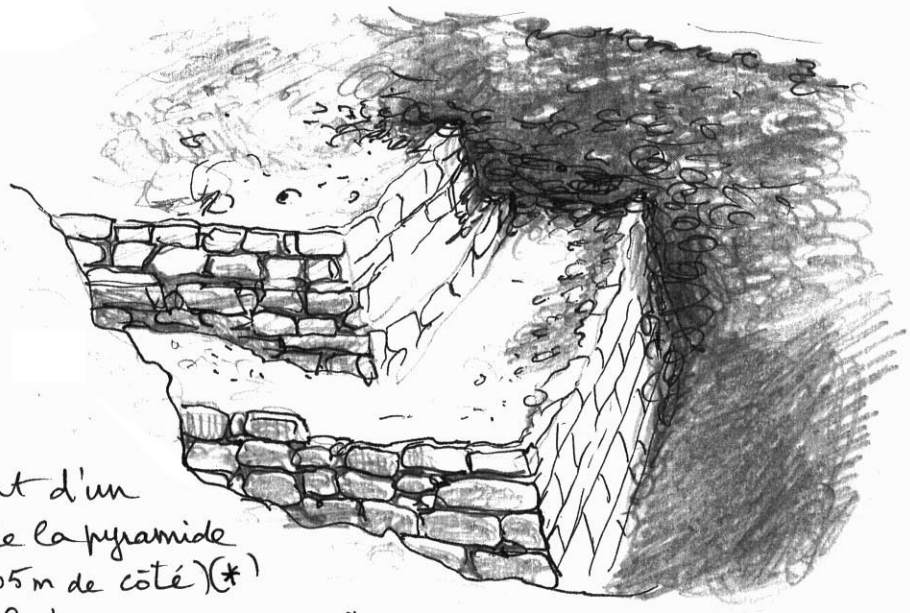


Sakkarah = restes de la pyramide d'Ounas
Hauteur : 43m à l'origine. 11 mètres aujourd'hui

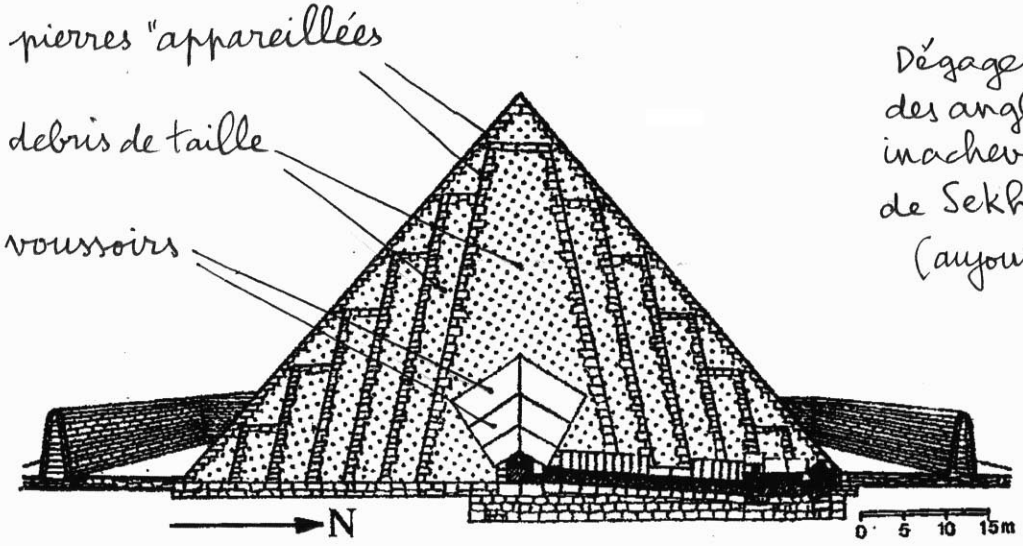


(*) Le calcaire est une roche sédimentaire

Le fait que certaines pyramides laissent apparaître leur structure interne indique qu'on mêlait des murs en dévers, en "poupées russes", et des débris de taille ("libage"). Ceci amena vers 1900 certains égyptologues comme l'allemand Borchardt à envisager le schéma ci-dessous.

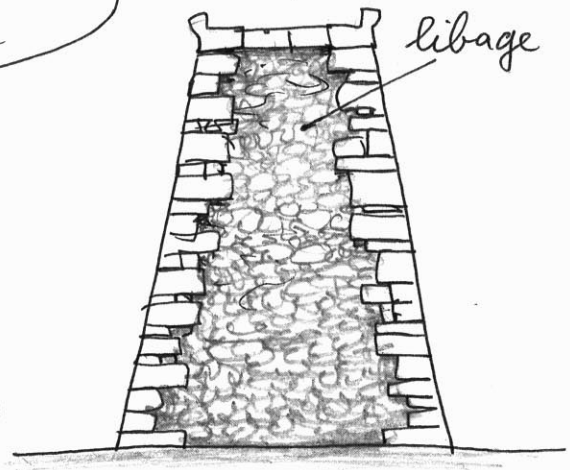


Dégagement d'un des angles de la pyramide inachevée (105 m de côté)(*) de Sekhemkhet, successeur de Djoser (aujourd'hui de nouveau recouverte par le sable)



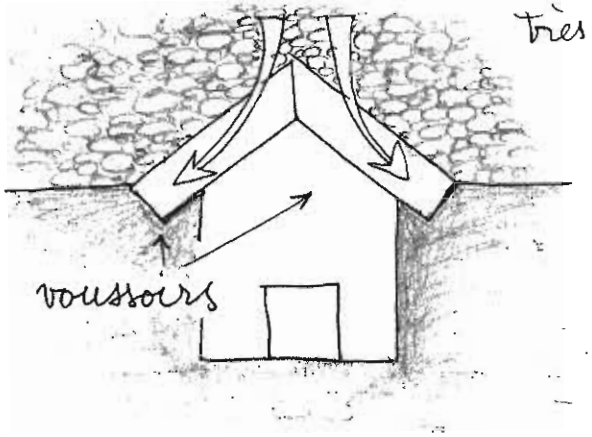
Coupe sur la pyramide de Sahourê (d'après Borchardt).

Avant dégradation : 4 m. Aujourd'hui 36 m

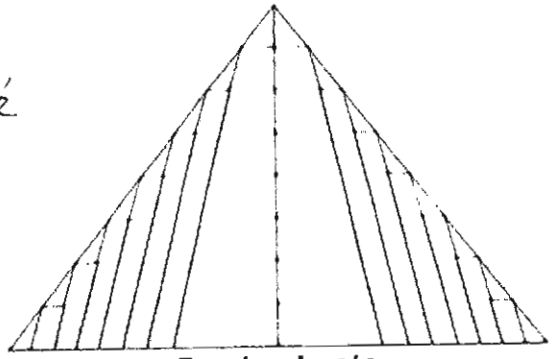


(*) même dimension que la pyramide de Djoser

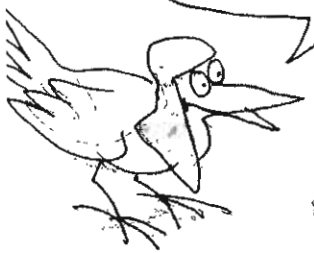
comme dans la pyramide d'Ounas, le souhait de situer la chambre "sépulcrale" en dehors du niveau du sol, plus au cœur de la pyramide amène les concepteurs à recourir aux voussoirs pour redistribuer latéralement les énormes forces de compression créées par la masse située au dessus. Un système très efficace en cas de séisme et qui s'accommode très bien de la disposition "en vrac" de ce qui est au dessus



Mais le souhait de positionner la chambre plus haut a amené à envisager que celle-ci puisse reposer sur un pilier central, ceci conduisant au modèle des :


Degrés adossés

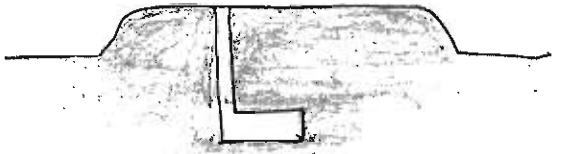
beaucoup de spécialistes et d'experts persistent à penser que les concepteurs des pyramides de l'Ancien Empire Egyptien (2700 à 2200 avant JC) procédaient par **EMPIRISME**. Résolus à créer des structures pérennes et conscients de l'importance majeure de la **SISMICITÉ**, ils savaient au contraire très bien où ils allaient, mettant en jeu des solutions aussi sophistiquées qu'originales et ingénieuses, sur tous les plans.



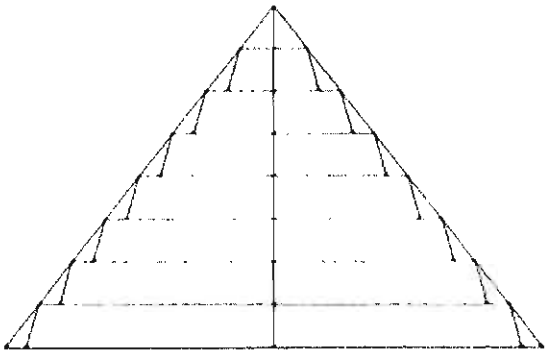
mais aucun n'avait sans doute prévu que la survie d'une pyramide reposait essentiellement sur le choix d'une pierre de qualité très médiocre

Mais l'idée de Borchardt ne fit pas souche et avec le temps, sans guère de justifications et en contradiction avec les observations faites sur le terrain s'installa le paradigme selon lequel les pyramides à degrés, s'inspirant des mastabas qui lui étaient antérieurs, étaient des

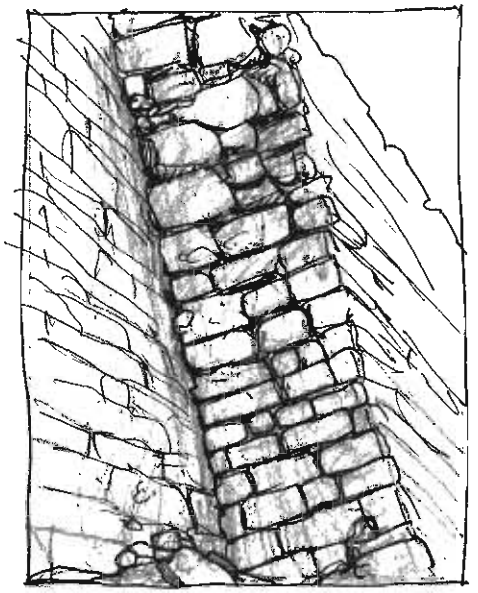
EMPILEMENTS DE MASTABAS



mastaba



Degrés superposés



couche en accrétion avec fort dévers
Pyramide de Djezer

(*) qui brillent par leur absence sur les sites

ça colle avec ce que j'ai vu dans mon rêve (page 48) ces carrés concentriques sont faits de pierres provenant des carrières de Giseh, dont les faces horizontales sont totalement jointives, ce qui permet, par la forte friction, de contrer la tendance de la masse à s'étaler - Il suffit de décaler les pierres vers l'axe à chaque nouveau lit
mais ton libage va se tasser. Ca ne sera pas stable !
pas si on coule au fur et à mesure du PLÂTRE pour combler les vides et rendre ce milieu inhomogène INCOMPRESSIBLE

ça me fait penser à une chose. On considère, classiquement que la pyramide Rhomboïdale aurait été au départ prévue pour avoir une pente de plus de cinquante degrés. Mais cette structure se serait révélée instable

CRAAAK

les prêtres-architectes auraient décidé de réduire cette pente à 43°, d'où cette forme géométrique particulière

Mais une autre idée consiste à imaginer que cette pyramide, terminée, aurait été l'objet d'un début de pillage affectant ses premières assises

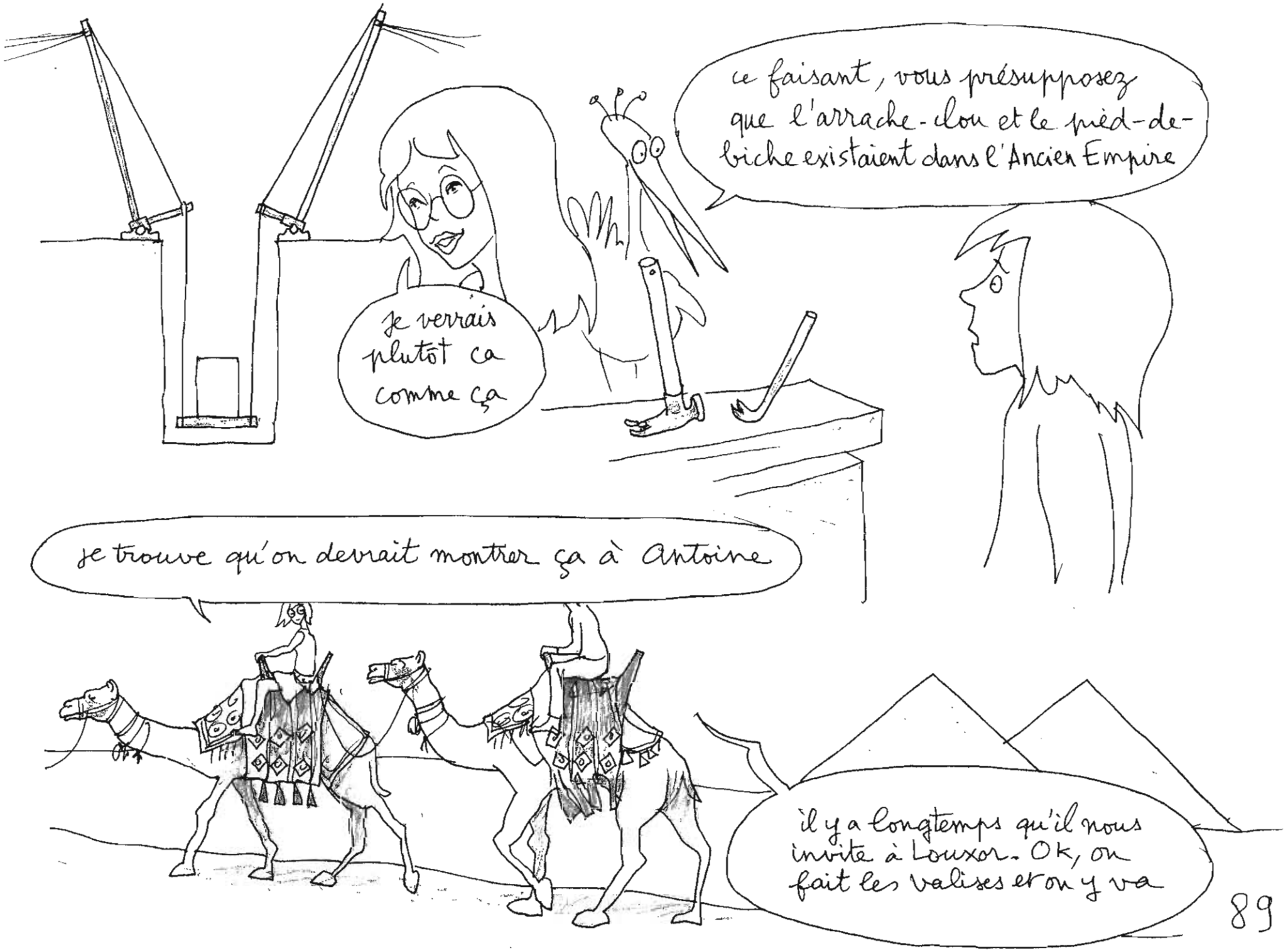
et sa forme actuelle résulterait d'une réparation en plaquant sur l'assise oblique apparente des pierres de parement

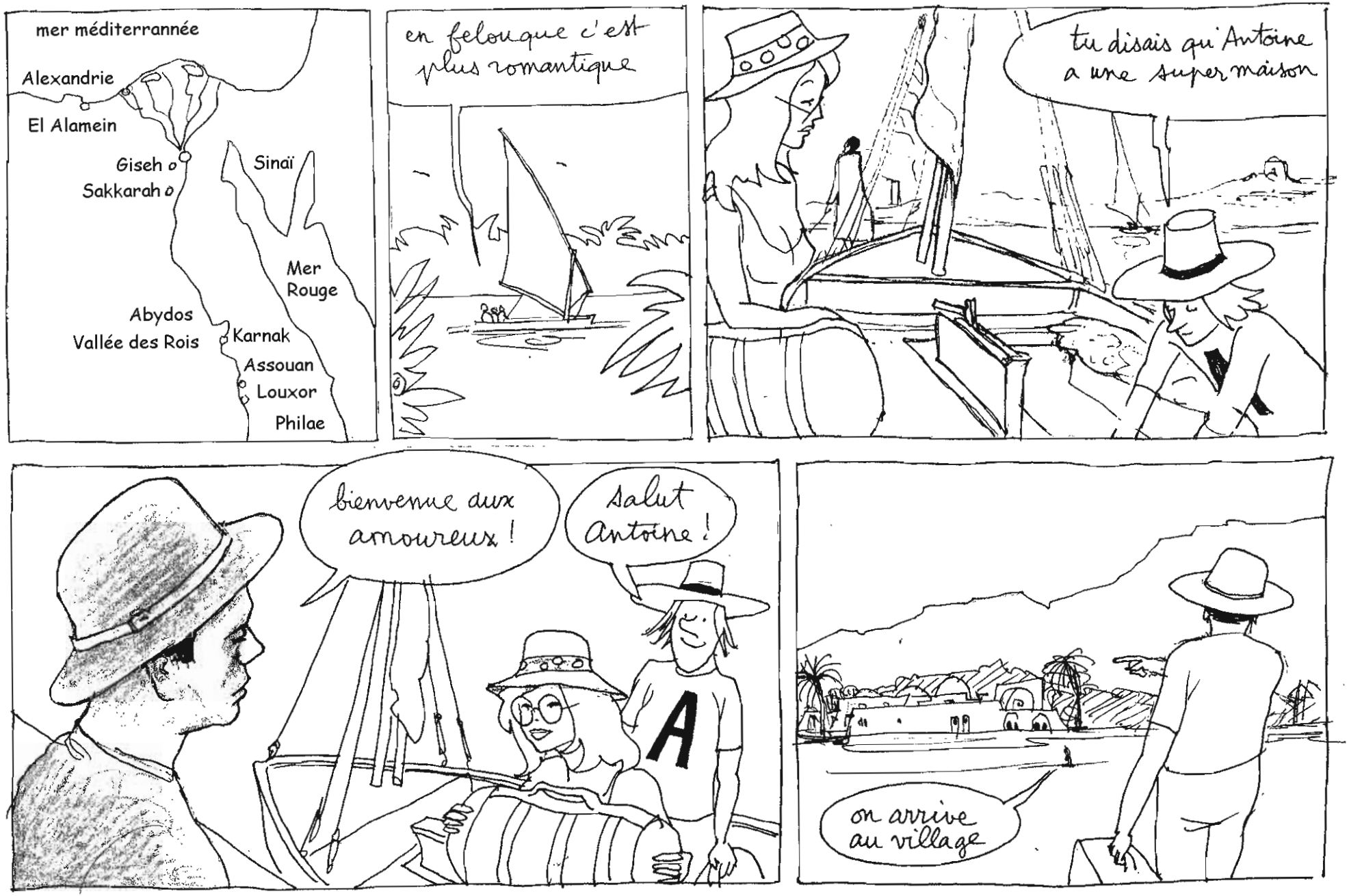
Sans ce déshabillage suivi d'une réparation elle aurait la copie de la pyramide rouge (à l'arrière plan)

ce qui est possible nous le faisons de suite. Pour l'impossible, nous demandons un délai

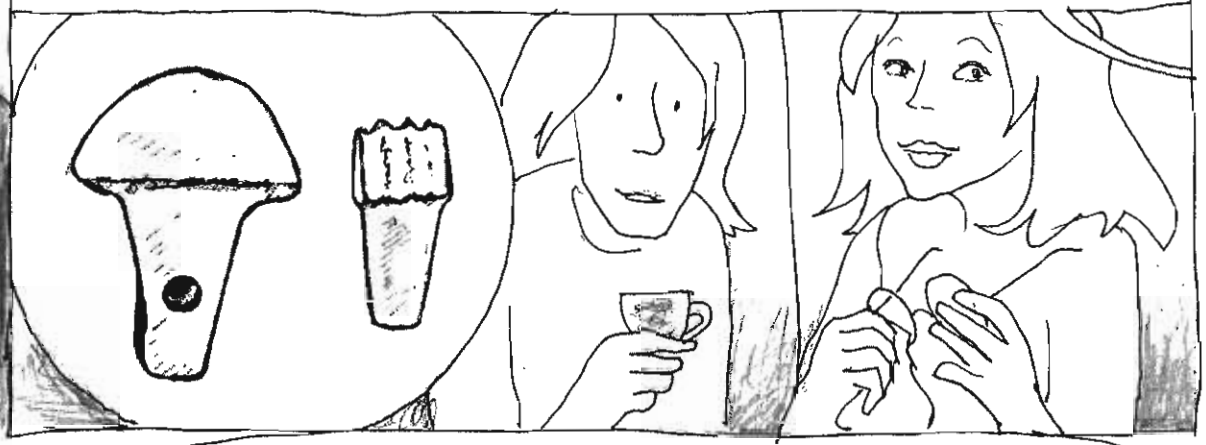
monter des monolithes n'est pas tout. Comment les manipulerais-tu savanturier de mon coeur?

j'utiliserais la machine de traction pour les soulever et j'utiliserais des cales


je verrais plutôt ça comme ça
ce faisant, vous présupposez que l'arrache-clou et le pied-de-biche existaient dans l'Ancien Empire
je trouve qu'on devrait montrer ça à Antoine
il y a longtemps qu'il nous invite à Louxor. Ok, on fait les valises et on y va


mer méditerrannée
Alexandrie
El Alamein
Giseh
Sakkarah
Sinaï
Mer Rouge
Abydos
Vallée des Rois
Karnak
Assouan
Louxor
Philae
en felouque c'est plus romantique
tu disais qu'Antoine a une super maison
bienvenue aux amoureux !
salut Antoine !
A
on arrive au village

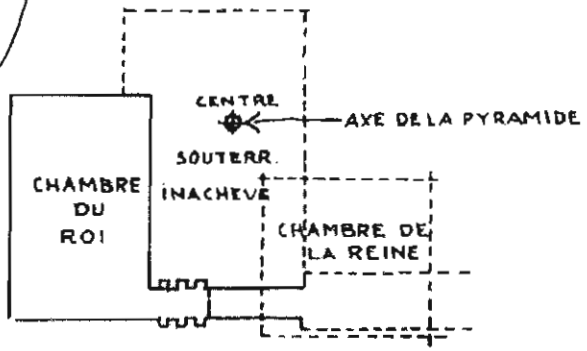
L'objet décrit par Anselme, dans sa machine, et qui évite l'usure des cordes, existe. Fait de basalte, il a été découvert en 1932 à Giseh, près des ruines de la pyramide de la Reine Khentkaoues, par Selim Hassan.



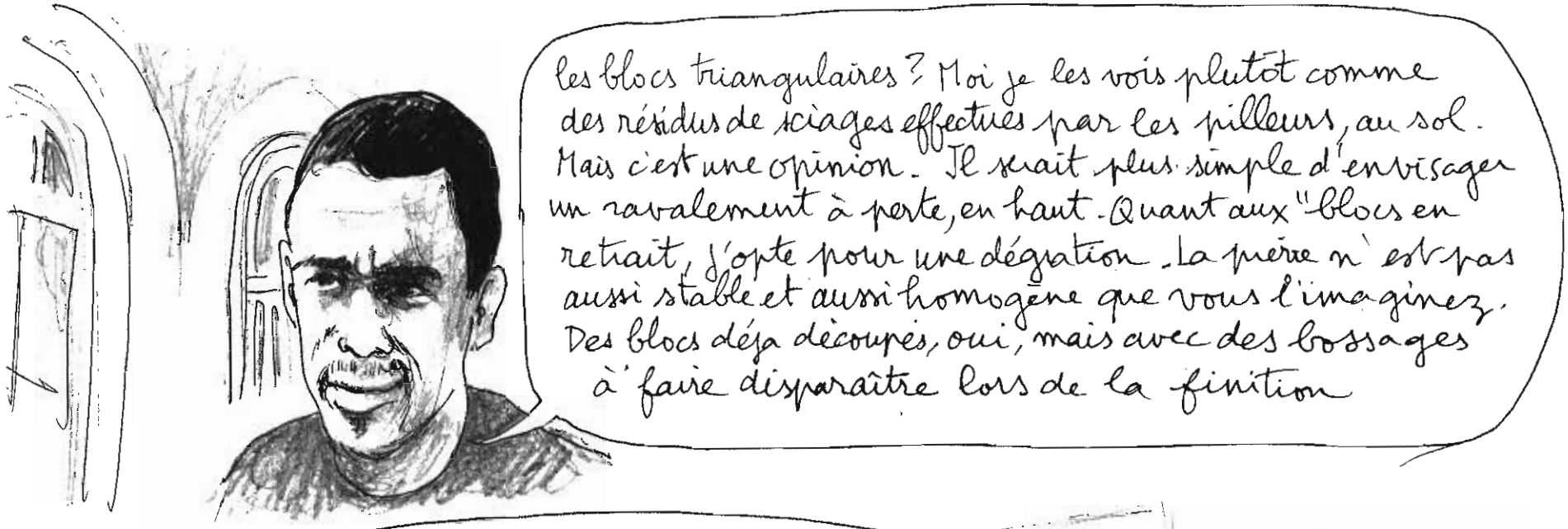
j'ai regardé les notes que vous m'avez envoyées

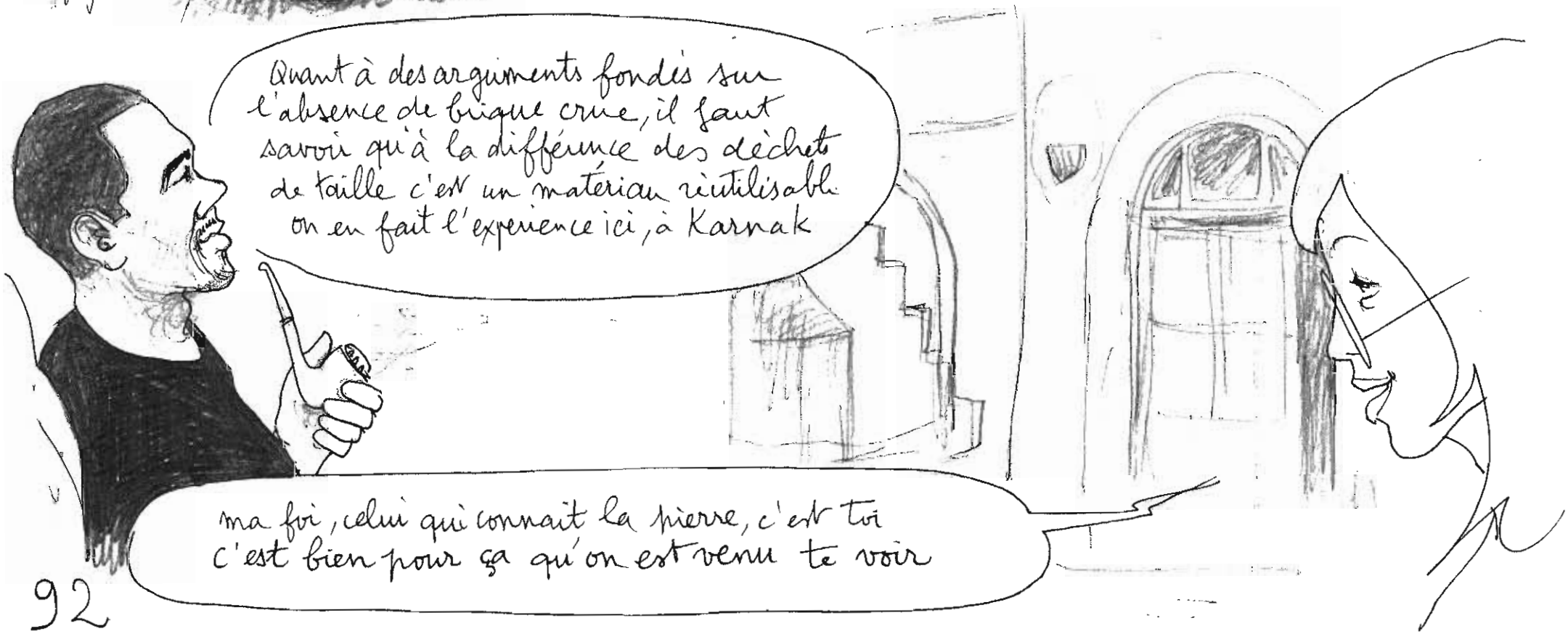
on a vérifié. Sauf quand les chambres sont souterraines, dans toutes les pyramides celles-ci sont toujours en dehors de l'axe

la rampe en pierre : pas bête. Et vous reprenez l'idée d'un pilier central. Mais comment faites vous pour loger les chambres de la pyramide de Kheops ?



Kheops


les blocs triangulaires ? Moi je les vois plutôt comme des résidus de sciages effectués par les pilleurs, au sol. Mais c'est une opinion. Il serait plus simple d'envisager un ravalement à perte, en haut. Quant aux "blocs en retrait", j'opte pour une dégation. La pierre n'est pas aussi stable et aussi homogène que vous l'imaginez. Des blocs déja découpés, oui, mais avec des bossages à faire disparaître lors de la finition


Quant à des arguments fondés sur l'absence de brique crue, il faut savoir qu'à la différence des déchets de taille c'est un matériau réutilisable on en fait l'expérience ici, à Karnak
ma foi, celui qui connait la pierre, c'est toi c'est bien pour ça qu'on est venu te voir

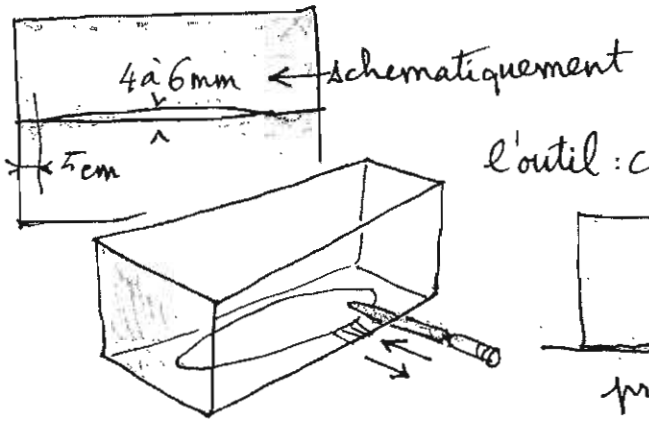
Antoine nous amène demain à son chantier
Il dit qu'il a un truc sympa à nous montrer

A propos du sciage des joints (page 57)
l'idée est ancienne, mentionnée dès
le XIXe siècle par Petrie et Choisy.
Pour en savoir plus j'ai voulu faire
l'expérience avec des blocs de grès

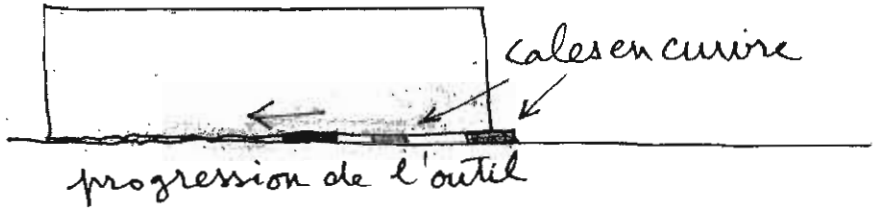
Le grès est une roche qui
résulte de l'agglomération
de 80% de grains de silice
avec du ciment calcaire
Elle contient donc son
propre abrasif

JAMAL

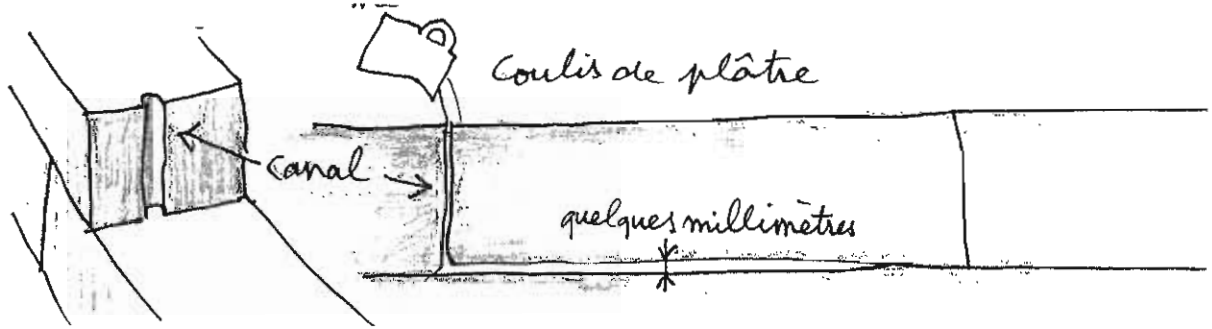
A toutes les époques, y compris à l'Ancien Empire, on constate que les pierres de toutes tailles sont jointes si étroitement qu'on ne saurait glisser une lame de rasoir dans les joints. De plus ces joints sont sinueux. Depuis le XIXe siècle des égyptologues ont avancé que ces joints auraient été "travaillés". Antoine a concentré son attention sur des édifices relativement récents (époque Ptolemaïque (*), en grès. L'examen a mis en évidence des traces d'outil (scie à joints). Les pierres en regard n'étaient pas travaillées sur toute leur surface de contact mais seulement sur leur pourtour, si 3 à 5 cm de profondeur. Le reste de la face était "démaigrie". On crée sur les deux faces en regard des concavités de 3 à 4 mm. Le sciage du joint est alors entrepris. Dans le grès les particules de silice se détache et fournisse l'abrasion souhaitée. L'outil progresse de 4 cm par minute. On dispose des cales en cuivre au fur et à mesure.



l'outil : comme "couteau mal aiguisé"



Quand le tour est fait, on enlève les cales et le jointoiement est alors parfait. Par un canal crée à cet effet on coule alors du plâtre dans l'espace interstitiel. Le contact entre les deux blocs est à la fois intime et total sur toute leur surface.



Une sinuosité finale de quelques millimètres suffit à garantir le calage des blocs

(*) 300 avant JC jusqu'à 30 avant JC

LAROZE E. 2013
GARRIC A.
BIFAO 113

je vois que tu as utilisé du fer doux

l'idée était de reconstituer ce qui se faisait à cette époque-là

0 10 20 30 40 50 cm

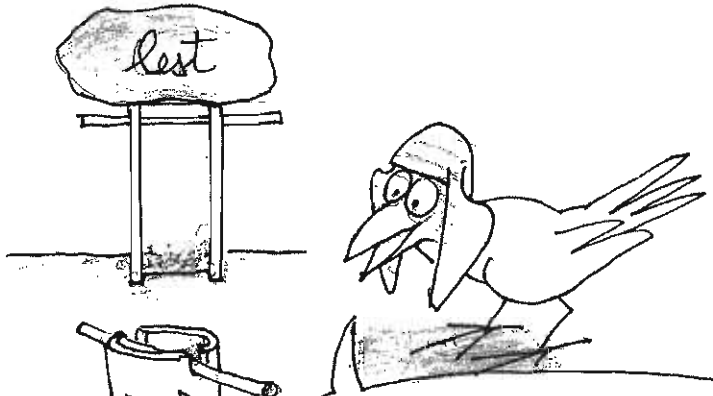
on a bien des scies pour le bois. Mais aucune scie à pierre n'a été retrouvée

on a seulement une demi-douzaine de simulacres en cuivre mou, trouvés dans les tombes

il n'y a pas que ce cuivre mou parce qu'il est pur. Les métaux purs ont toujours des qualités mécaniques plus faibles que celles de leurs alliages. Les Egyptiens avaient du cuivre à l'arsenic, dont les qualités mécaniques sont proches de celles du bronze

des scies munies de dents faites de ce cuivre peuvent être utilisées pour couper des pierres considérées comme tendres, dont le calcaire

pour les pierres dures comme le granit on a des scies sans dents, dont le cuivre entraine une poudre abrasive



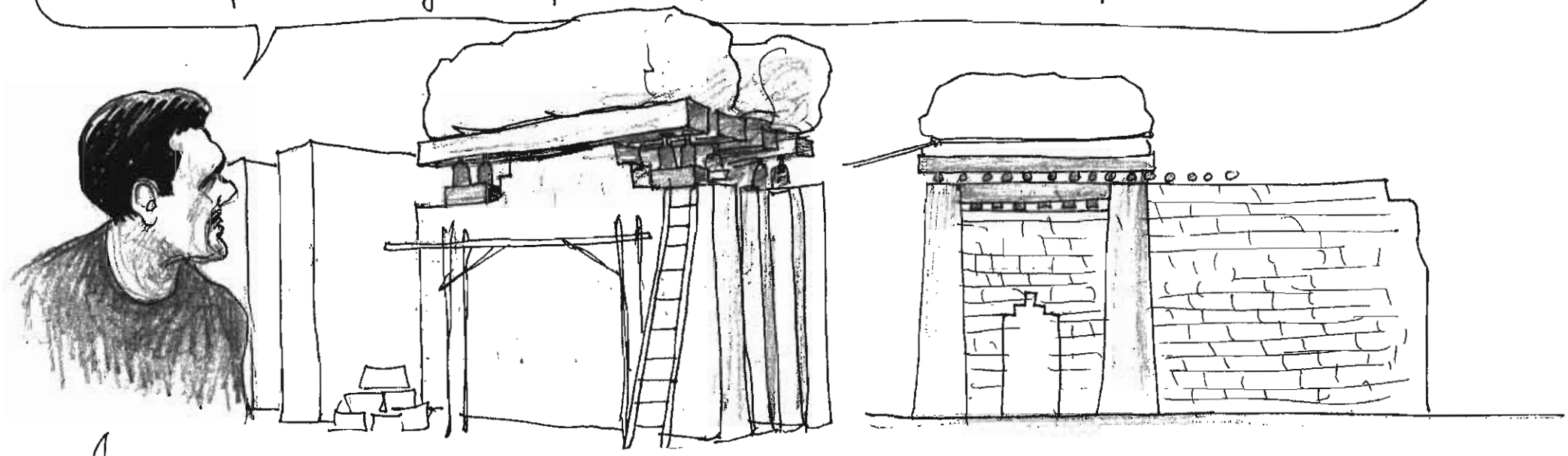
on sait que les Egyptiens creusaient les trous des gonds avec des tubes de cuivre et de l'abrasif

ce tube, c'est une scie enroulée

je vais vous montrer un petit truc sympa. Vous savez qu'à Karnak nous passons notre temps depuis longtemps à remonter des tas de trucs. Vous voyez ces blocs qui forment le plafond de cette chapelle de Toutmosis III, pharaon vers 1450 av. J.C. Ils pèsent chacun soixante douze tonnes. Eh bien, on les a remontés

avec une grue ?

Notre grue, à Karnak, a une capacité de levage maximale de 23 tonnes. Mais j'aime bien les défis. J'ai voulu savoir si je pouvais négocier cela avec de simples vérins hydrauliques, des poutres en bois et des pierres



On a fait jouer l'alternance de soulèvements par des crics hydrauliques, l'usage de cales en bois et l'accompagnement en repose sur un mur de pierre, monté au fur et à mesure. Quand le bloc a été à 4,25 metre on l'a fait glisser sur des rouleaux. Puis, toujours à l'aide des vérins on l'a redescendu sur ses assises et au final on a démonté toute la maçonnerie d'appoint

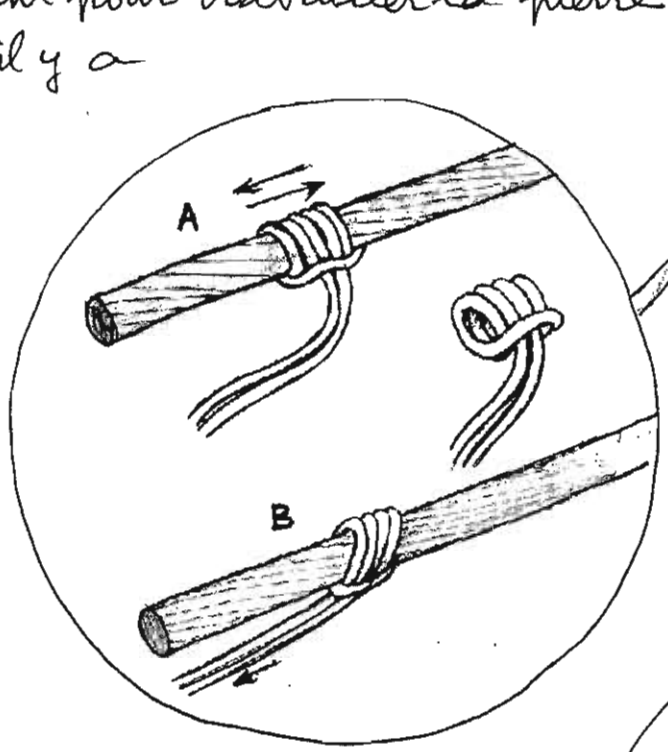
Fort bien, mais Toutmosis III a fait pareil sans vérins hydrauliques !

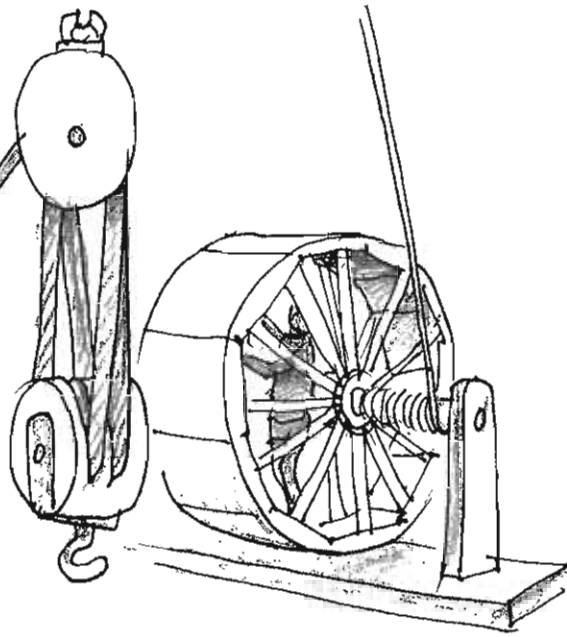
Hmm... rampe en brique crue, des cordes et du monde !

'97

Les Grecs et les Romains avaient toutes sortes de machines. On attribue l'invention du moufle à Archimède. Que sait-on des machines des anciens égyptiens ? On n'a conservé que de rares spécimens des outils qu'ils utilisaient pour travailler la pierre.

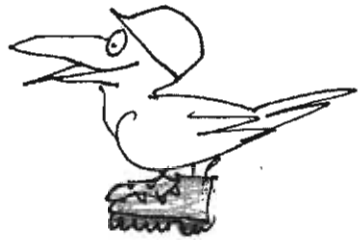
Finalement, pour des charges lourdes il y a deux solutions : agir en continu en démultipliant la force, ou par séquences, comme l'a fait Antoine. Faute d'un métal solide pour faire des axes le système des cordes avec noeuds auto. bloquants s'impose logiquement

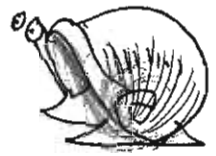


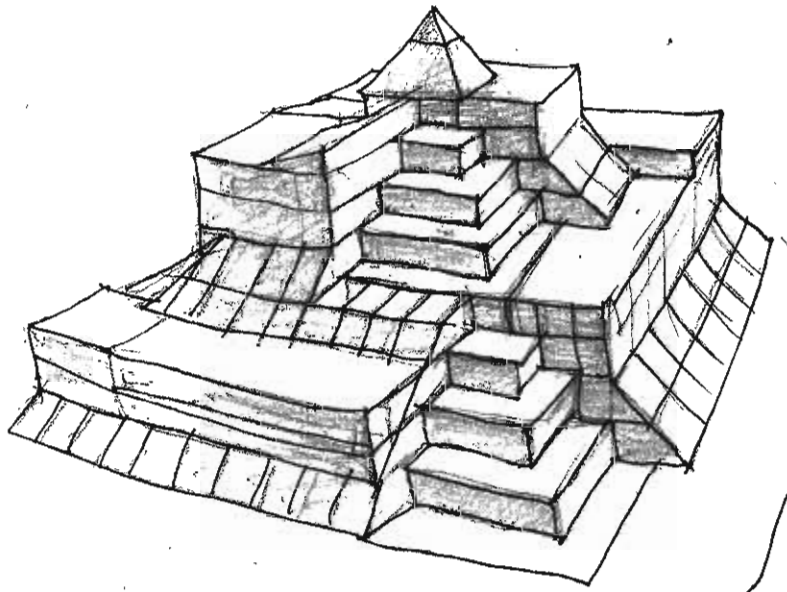


c'est ce qu'utilisent les alpinistes

ce n'est pas en tirant qu'on peut faire glisser ces noeuds : la corde casse avant







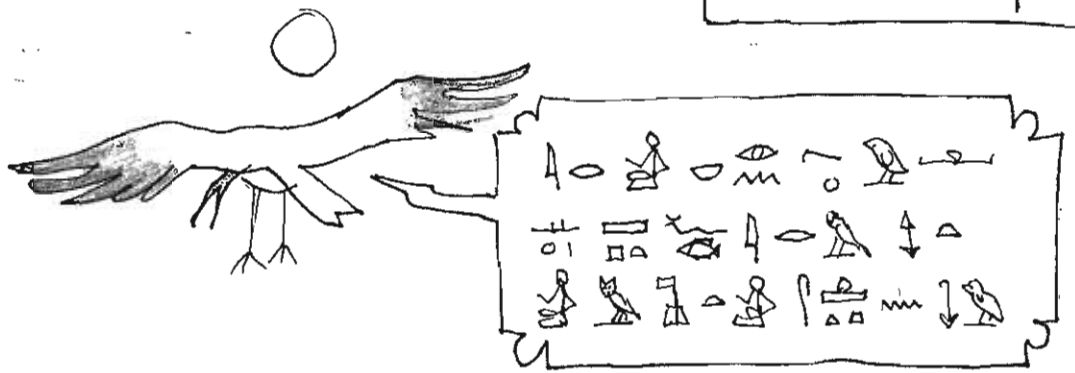
votre modèle est sympa.
Ça fait un très joli puzzle.
Mais il manque quelque chose.
Les pierres des pyramides sont loin d'être aussi régulières. Les assises successives ont des hauteurs qui peuvent varier dans un facteur de un à trois. Cela dépend de l'épaisseur du filon d'où elles sont extraites. Il vous faut un système précis de repérage des positions des blocs.

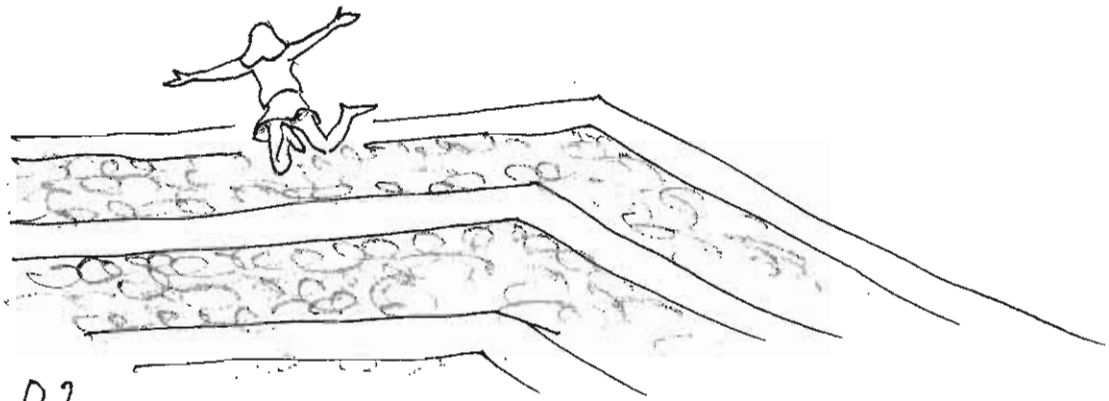
Eh bien, bon retour à vous deux
dis, je pensais à ce que disait Antoine à propos du problème du repérage des blocs. Est-ce qu'un petit tour dans cette vie antérieure...
arrête avec ces sottises tu veux ?
moi, ce que j'en disais c'était pour l'égyptologie..
vous voilà de retour au Caire. Tant mieux, car en partant vous aviez oublié quelque chose

qu'est-ce que c'était, le truc qu'on avait oublié
le scarabée
c'est... ce que m'avait donné un type dans le soukh
tu viens ?
j'arrive

laissez moi dormir!!

dormir... qu'est-ce que ça veut dire ?





le repérage des blocs ? c'est par là

voilà. Et tu indiques au type de la surface la position exacte du fil à plomb

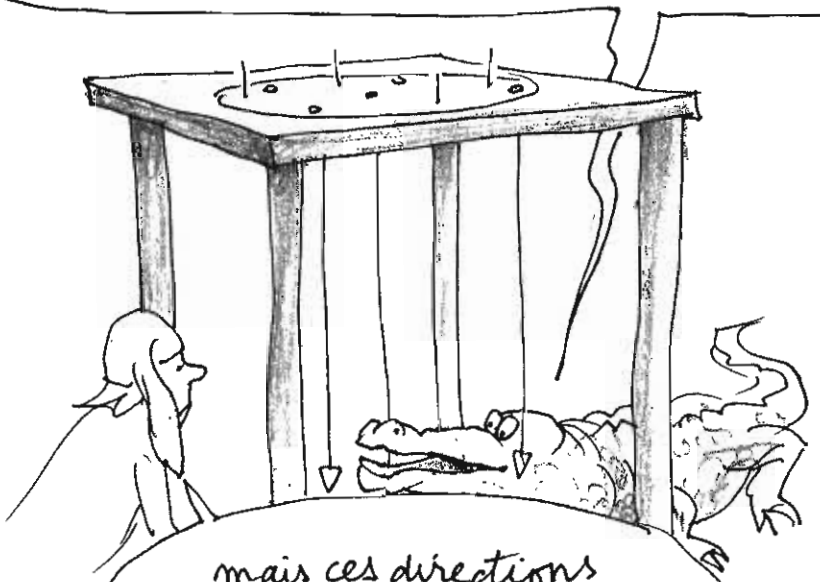
un peu plus à l'ouest et c'est bon

maintenant on oriente la table tournante à l'aide de ces mires en visant un repère indiquant le nord, installé à des kilomètres (*)

avec ça on a l'axe de la pyramide, grâce à un pointage sur une marque disposée sur le plateau rocheux

(*) le recours à un tel système de repérage (fil à plomb + table d'orientation) a été conjecturé par l'égyptologue Georges Goyon

on se sert ensuite de fils lestés, solidaires de la table rotative, qui sont disposés de telle façon que, pris deux à deux, ils pointent avec une très grande précision en direction des quatre points cardinaux N-S-E-O



mais ces directions de pointage ne passent pas par l'axe de la pyramide !?

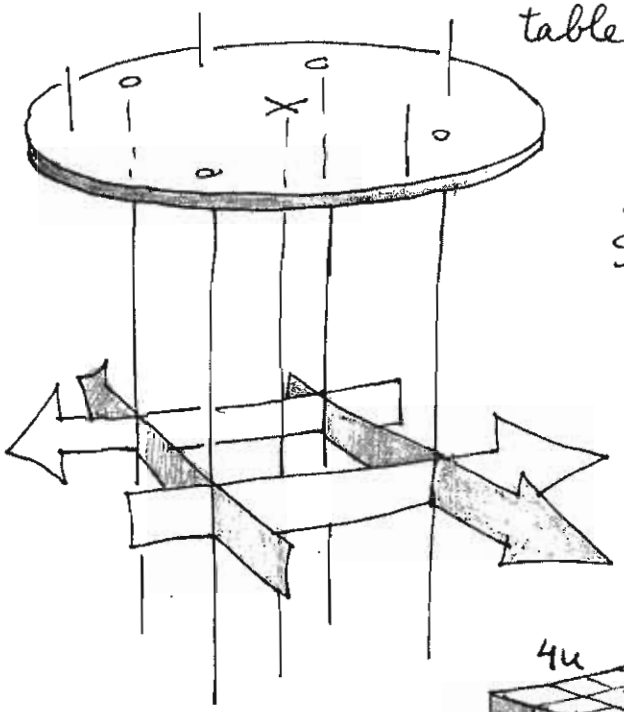
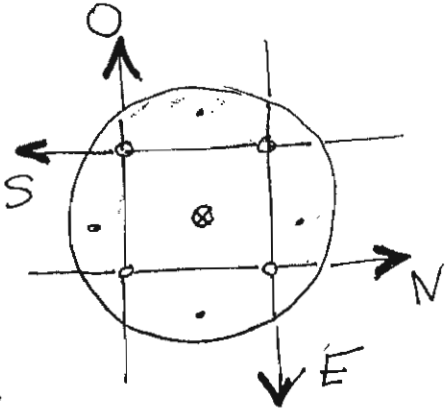
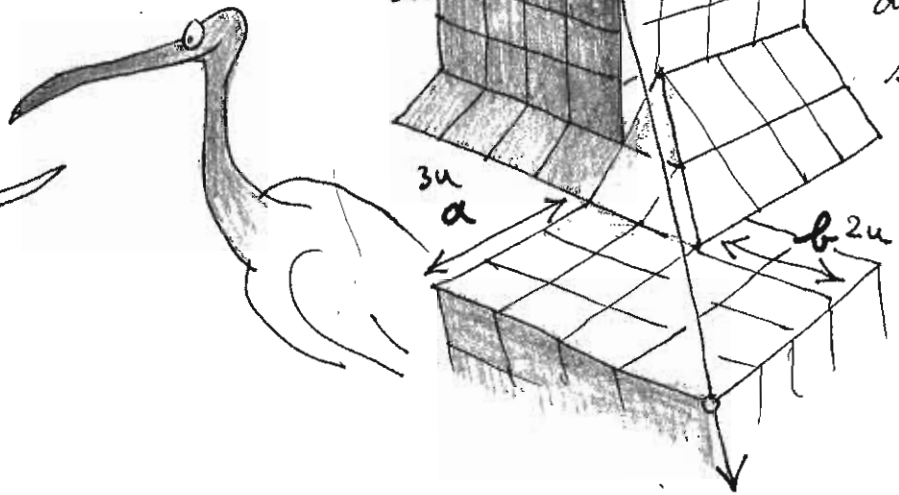


table de visée rotative



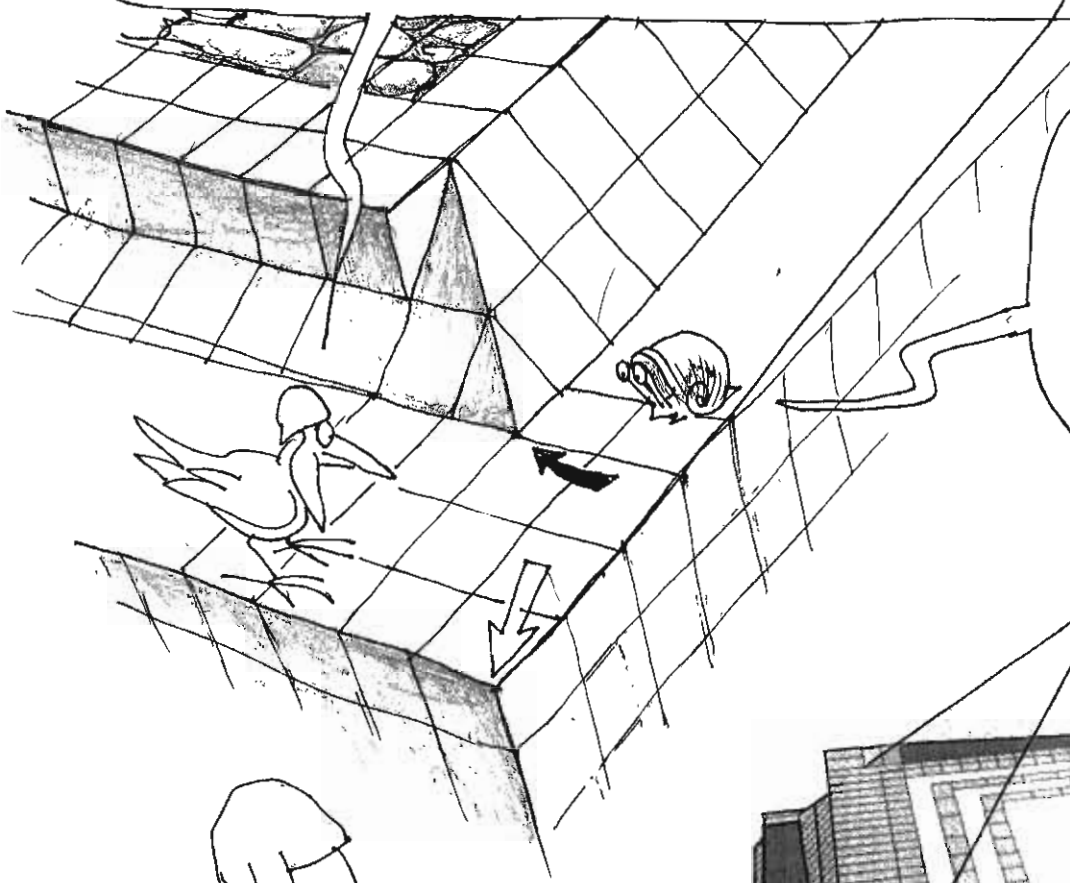
même si les assises présentent une certaine irrégularité, si les blocs d'angles sont positionnés régulièrement, alors un repérage devient possible, si on peut situer avec précision la position des coins des bloc dans l'espace



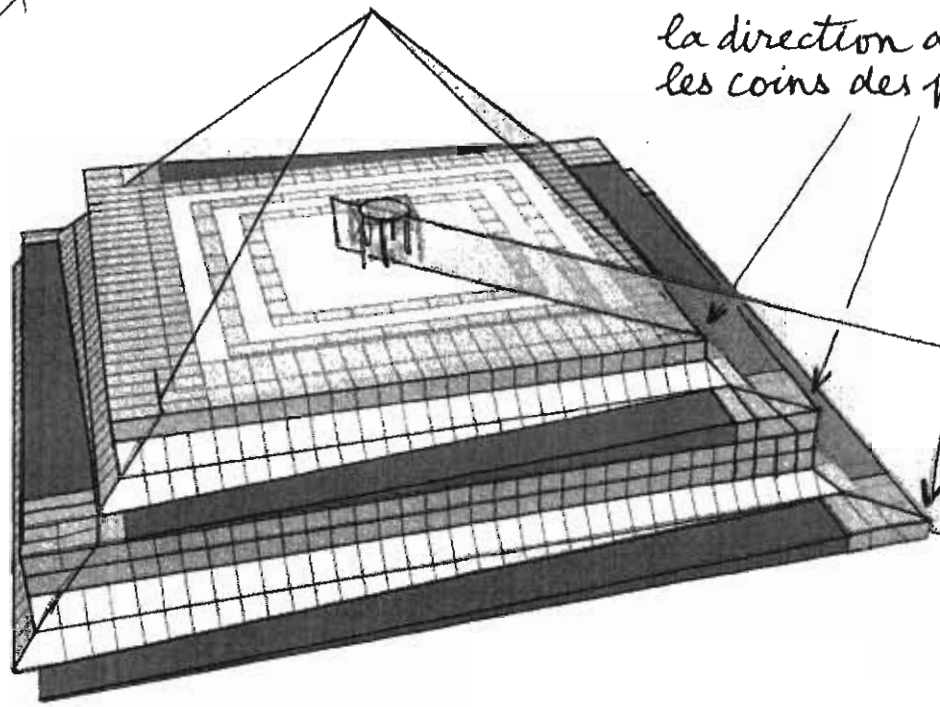
pièces d'angle successives

effectivement, si on connait avec précision la position du coin de la plate forme on peut s'en servir pour positionner l'arête, de proche en proche

l'intérêt est qu'au fur et à mesure de la construction on peut situer ces coins avec une précision centimétrique par rapport au sol et non les uns par rapport aux autres sinon les erreurs finiraient par s'accumuler

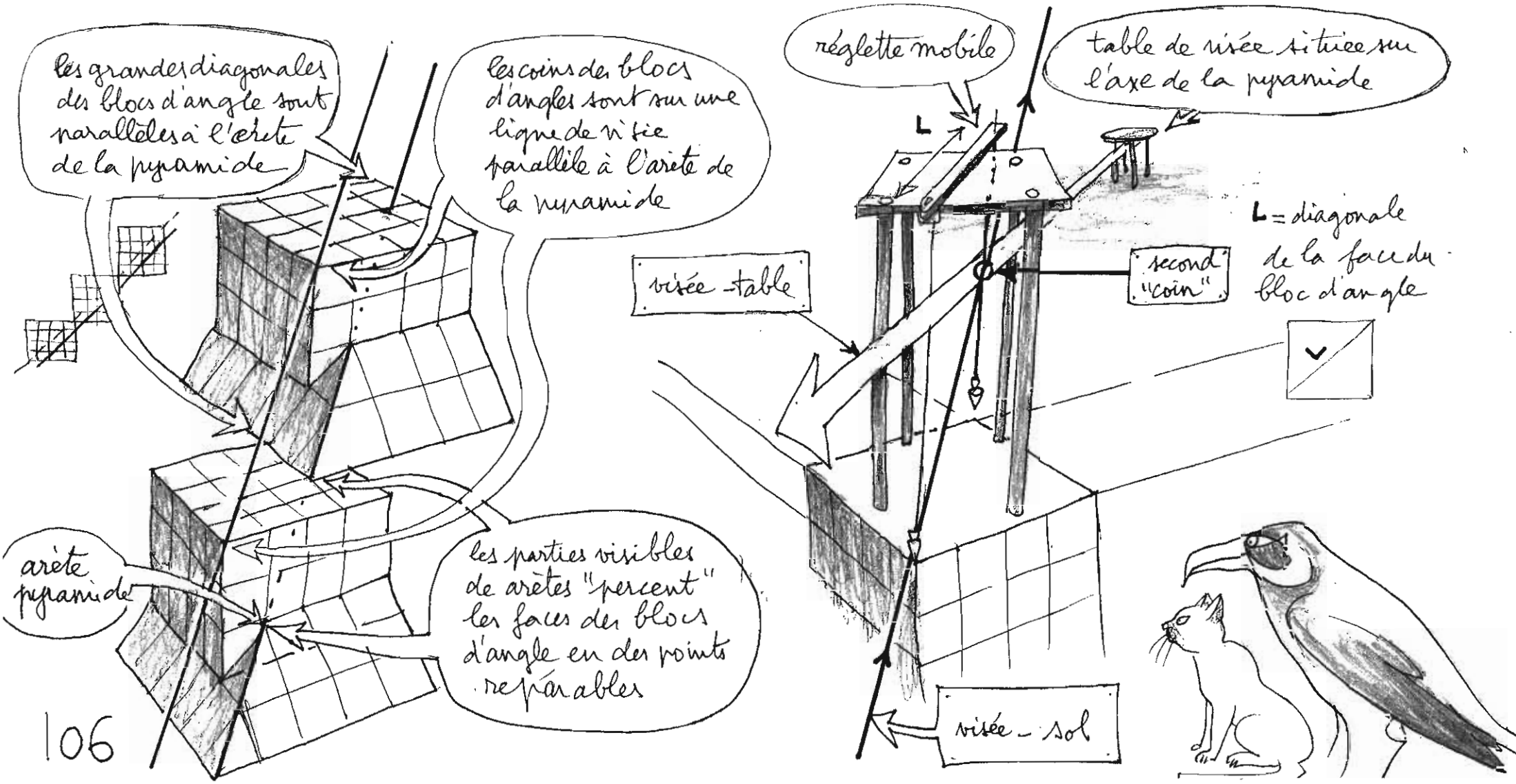


cela donne UNE direction de pointage mais il en faut d'autres



la direction de visée passe par les coins des plate formes successives

Un telle table de visée permet de situer avec une très bonne précision n'importe quel point censé appartenir au plan contenant les coins des blocs d'angles, si ceux-ci sont alignés et équidistants. Les diagonales des faces supérieures des blocs d'angle sont parallèles à la projection des arêtes sur les faces et les grandes diagonales des parallélépipèdes - bloc d'angles sont parallèles aux arêtes de la pyramide



si tu veux vivre il te faut mourir
nous reviendrons dans vingt quatre babouins
anselme, qu'est-ce qui se passe ? D'abord, tu parles tout seul. Puis, tu n'arrêtes pas de crier "combien valent 24 babouins !
Hi Hi
Je vais tout te raconter

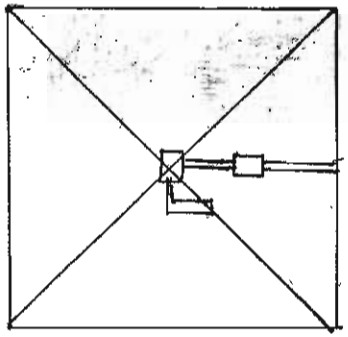
Tu dis que le plafond était en "V" inversé, avec des décrochements. Ça s'appelle des **ENCORBELLEMENTS** qui permettent d'encaisser une forte masse de pierre qui se situerait au-dessus

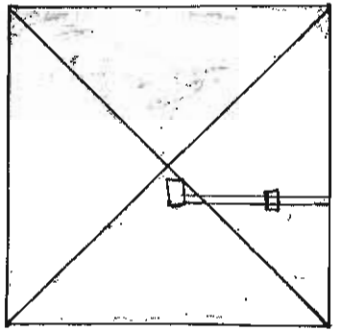
d'après ce que tu racontes cela pourrait se situer à Dashour, soit dans la pyramide rouge, soit dans celle de Meidoum

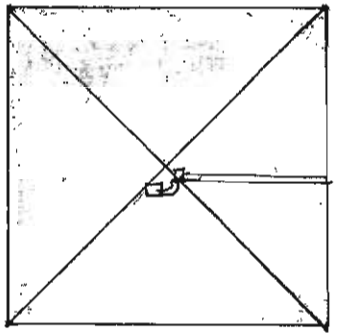
tu dis qu'on te mettait dans un sarcophage en pierre pour que tu y restes pendant... vingt quatre babouins

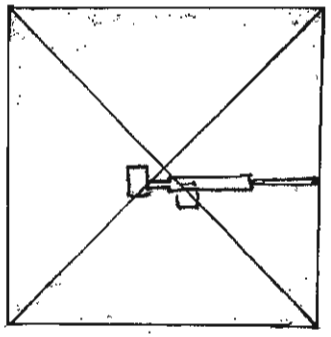
En dépit de la présence de sarcophages dans les pyramides certains doutent qu'elles puissent être des tombes, vu qu'on n'a jamais trouvé des restes qui puissent le prouver. Le rêve d'Anselme pourrait signifier que c'étaient des **LIEUX D'INITIATION**

Tu sais, Sophie, je repense à deux choses. Primo, s'il y a un puits axial dans les pyramides, cela pourrait expliquer pourquoi les chambres, quand elles ne sont pas souterraines, sont toutes en dehors de l'axe

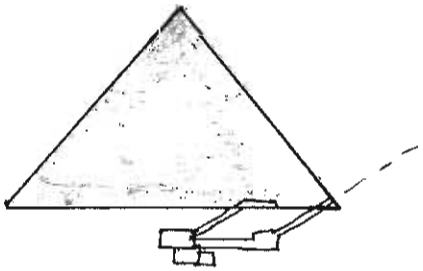


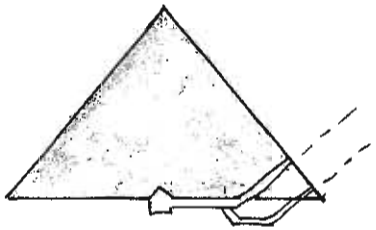


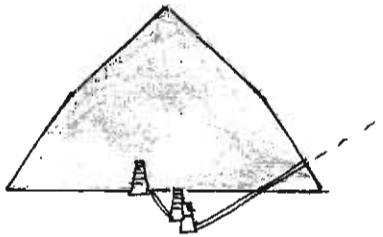


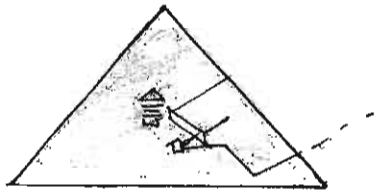


Mykerinos Kephren Rhomboïdale Khéops etc...



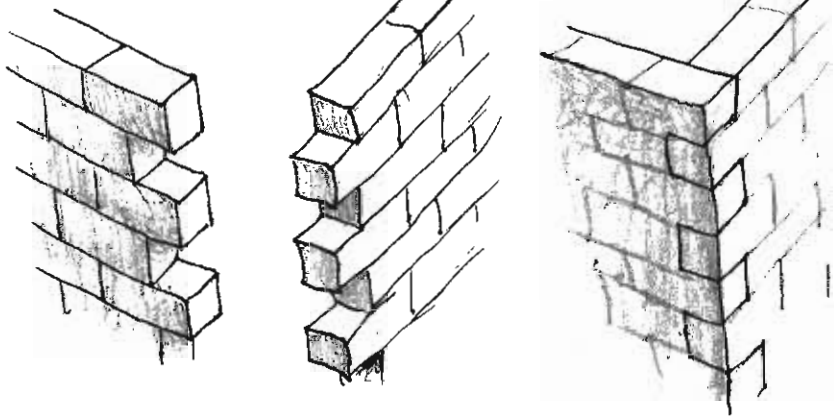


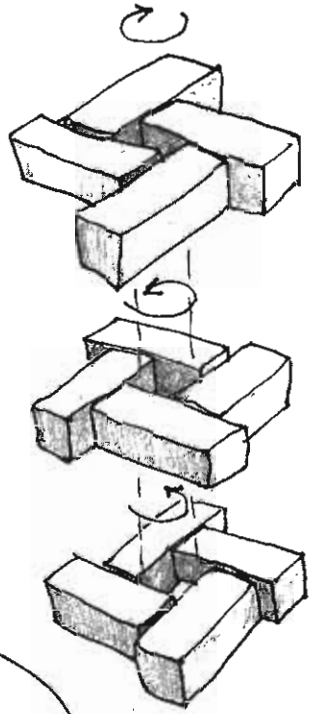




(toutes les "descenderies, et les "canaux d'aération" sont orientés à peu de chose près selon la même direction et le même angle, ce qui est commode pour pouvoir s'éclairer avec des miroirs)

dans l'angle d'un mur on croise les pierres pour accroître la solidité

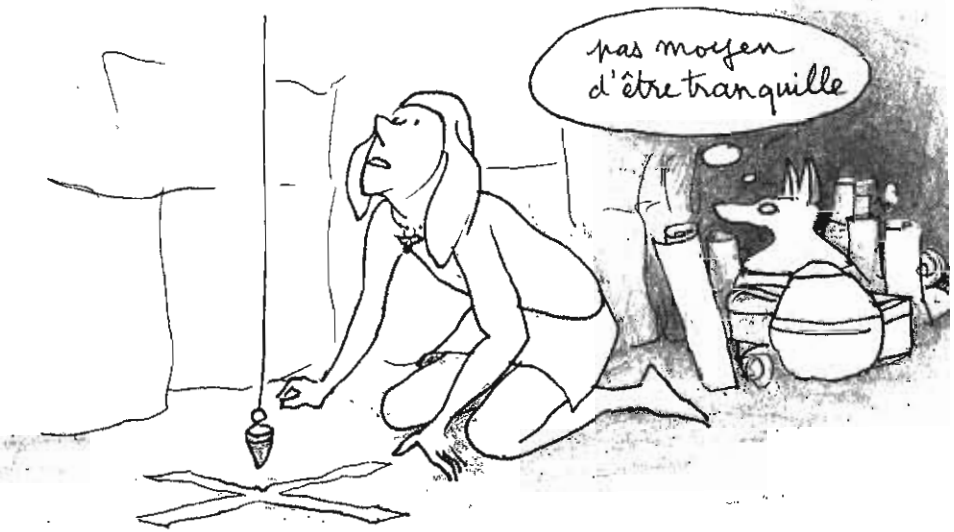




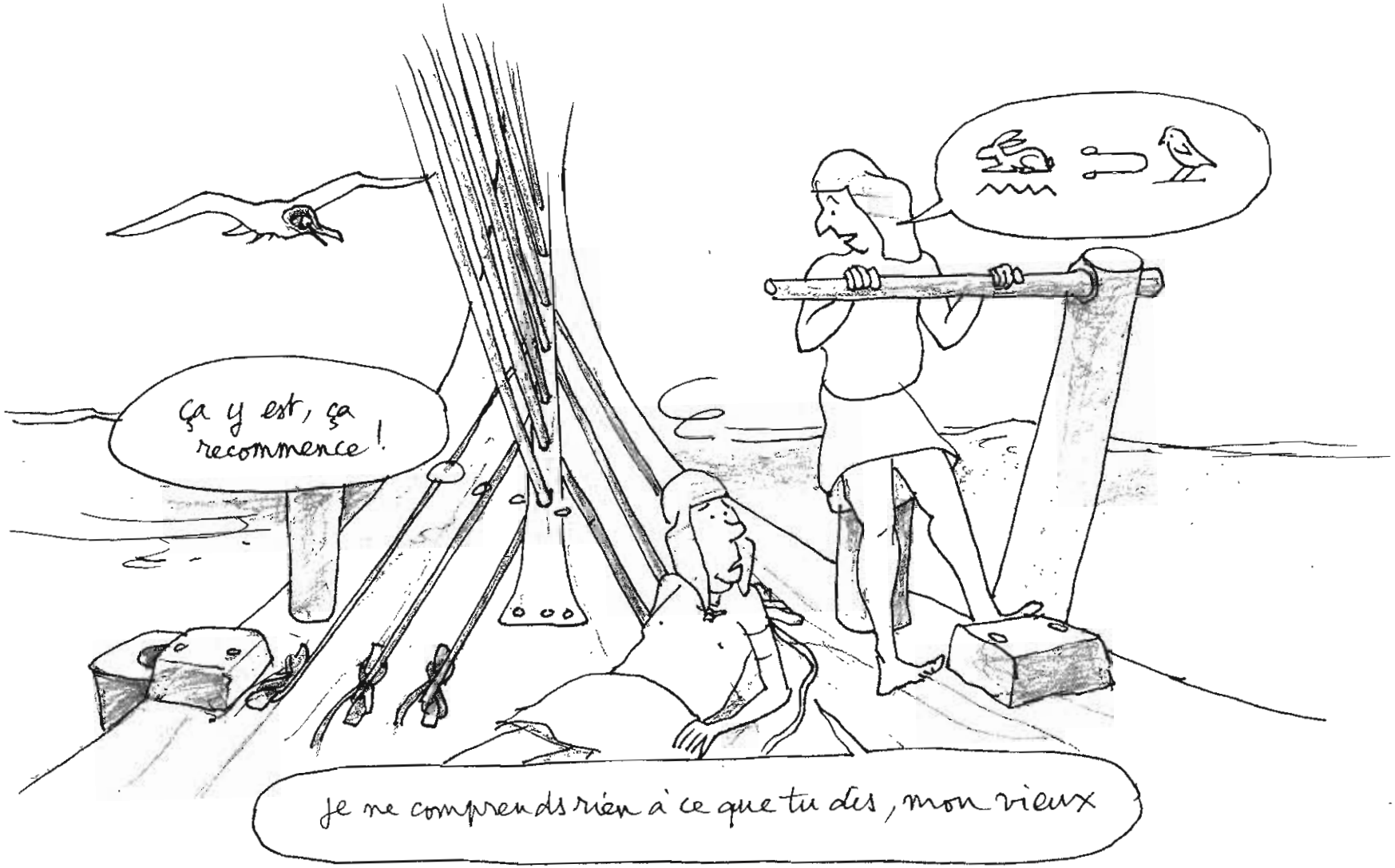
Pour garantir la solidité du puits et éviter qu'il puisse être obturé, rendu inutilisable en cas de séisme, ce qui serait catastrophique, les pierres devraient être agencées comme ceci.

(*) des vues prises avec un drone seraient bienvenues

tout cela semble répondre à la critique d'Antoine, concernant le repérage centimétrique des blocs. Ça implique un accès par le bas sinon celui qui assure le positionnement du fil a plomb manquerait vite d'oxygène



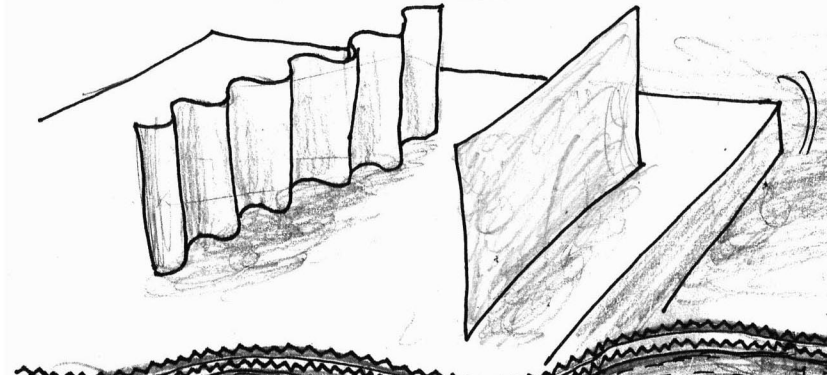
FIN

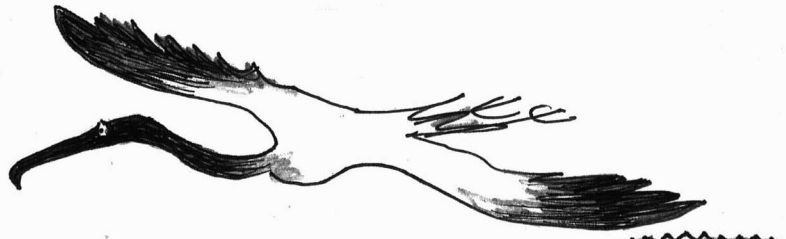

ça y est, ça recommence !
je ne comprends rien à ce que tu dis, mon vieux

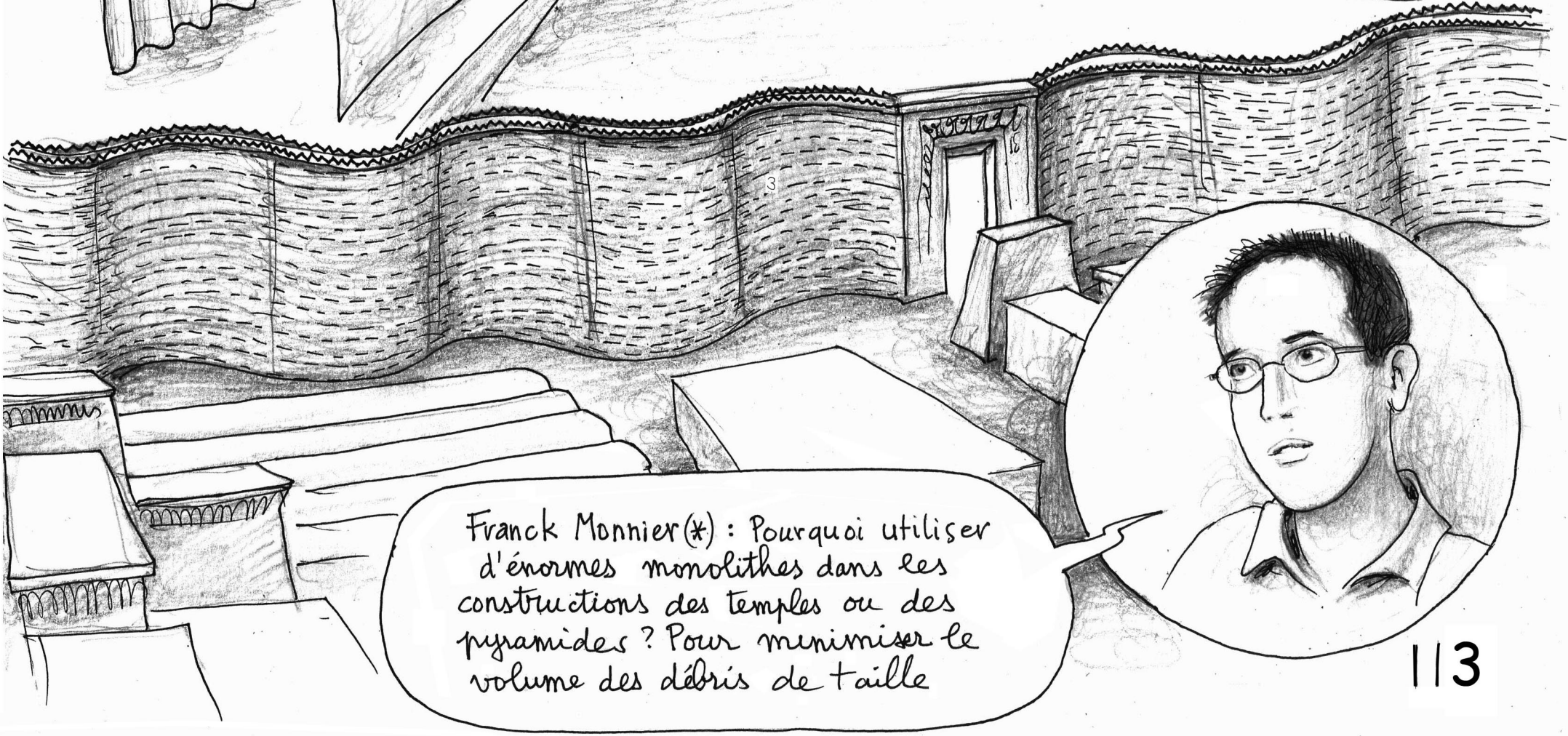
A SUIVRE

POST SCRIPTUM

les temples étaient entourés par un mur d'enceinte structuré comme une tôle ondulée, pour mieux résister aux séismes





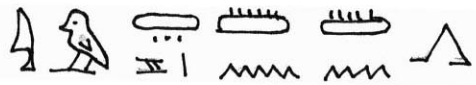


Franck Monnier(*) : Pourquoi utiliser d'énormes monolithes dans les constructions des temples ou des pyramides ? Pour minimiser le volume des débris de taille

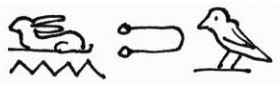
(*) http://www.egyptian-architecture.com

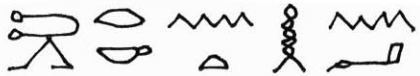
p. 9 va-t-en ! va-t-en !

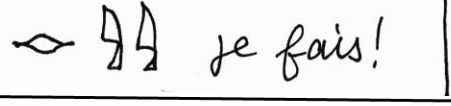
p. 9 prends garde !

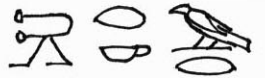
p. 19  la terre a tremblé

p. 25 une coudée vaut sept paumes

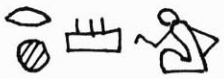
p. 29  dépêche-toi !

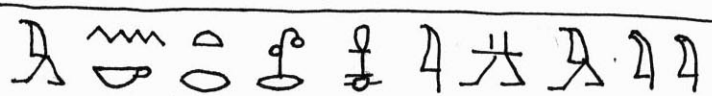
 tire, camarade !

 je fais !

p. 30  tire fort !

fais attention !

P. 44  puissé-je comprendre

p. 47  comment es-tu revenu ?

Insolent !

Est-ce à cela que je vais passer la journée ?

P. 79

traine, camarade !

Dépêche-toi, termine ça !

P. 87 bis (1)

ce n'est pas un mensonge, c'est parfait

P. 87 bis (2)

vois ce chantier, c'est pas mal

pronom personnel "je" négation déterminatif des idées abstraites

je n'ai pas envie de compter

Merci à Thierry Bergerot et à sa fille, égytologues